COMPTE RENDU

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 NOVEMBRE 1871,

PRÉSIDÉE PAR M. FAYE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDROSTÉRÉODYNAMIQUE. — *Sur la mécanique des corps ductiles;* *par* **M. DE SAINT-VENANT.**

« Deux Communications importantes, relatives à la branche nouvelle de Mécanique pour laquelle j'ai hasardé le nom d'*hydrostéréodynamique* (ou *plasticodynamique*, si on le préfère), ont été présentées le 6 novembre et insérées à la Correspondance du *Compte rendu* (p. 1098 et 1104) par MM. Maurice Levy et Tresca, en même temps que venait de s'imprimer au *Journal de Mathématiques*, sur le même sujet, un *Complément* à mon Mémoire du 7 mars 1870 et à celui de M. Levy du 19 juin de la même année (*).

» Ce Complément avait pour objet l'établissement des équations *définies* ou aux *limites*, qu'il faut joindre aux équations *indéfinies*, régissant les vi-

(*) *Comptes rendus*, t. LXX, p. 473 et 1323. M. Liouville avait reproduit dans son journal (avec de légères modifications que j'ai indiquées) ces deux articles, ce qui a été l'occasion du *Complément*.

tesses ou la suite continue des déplacements des points des corps ductiles que l'on fait changer de forme d'une manière permanente. Je le terminais par deux applications relatives :

» 1° A la *torsion* d'un cylindre à base de cercle;

» 2° A la flexion *circulaire* d'un prisme à base rectangle; — ces déformations ayant été poussées au delà des limites où l'élasticité de leur matière serait capable, partout, de la ramener à son premier état.

» M. Tresca a considéré aussi un cylindre de rayon R, tordu, par unité de longueur, d'un angle θ mesuré en arc d'un rayon égal à l'unité. Tant que le cylindre est capable de revenir de lui-même au premier état en vertu de son élasticité dont le coefficient de glissement est G, le moment de torsion M est donné en kilogrammes, pour un bras de levier = 1, par la formule ordinaire suivante, où I_0 est le moment d'inertie de la section circulaire autour de son centre,

$$M = G\theta I_0 = \pi G\theta \frac{R^4}{2}.$$

» Si toute cette matière est supposée arrivée, jusqu'à l'axe, à l'état plastique, appelé par M. Tresca état *fluide*, on a, dit-il, K étant la résistance au cisaillement par mètre carré,

$$M = \frac{2}{3}\pi K R^3.$$

Ce cas extrême est purement abstrait, car, comme je l'ai observé, il ne se réaliserait que pour un angle de torsion θ infini.

» Enfin, dans l'état où il y a à la fois « élasticité encore parfaite d'une » *zone* » ou d'un noyau central, élasticité déjà altérée d'une zone intermédiaire, et état de *fluidité* ou de plasticité d'une zone allant jusqu'à la surface extérieure, il exprime le moment par

$$M = \frac{2}{3}\pi K R^3 - \frac{K'}{\theta^3},$$

K' étant un autre coefficient, spécial aux cylindres tordus.

» Cette expression est d'accord, quant à la forme, avec la mienne

$$(27) \qquad M = \frac{2}{3}\pi K R^3 - \frac{\pi}{6}\frac{K^4}{G^3\theta^3},$$

construite théoriquement en supposant seulement deux zones au lieu de trois, ce qui revient à répartir la zone intermédiaire entre les deux autres si

elle existe (*). Ces deux formules devraient donner, à bien peu près, le même résultat : car si l'on représente la résistance tangentielle au glissement relatif des sections voisines, partagées en couronnes élémentaires $2\pi r.dr$, de largeur dr, pour l'unité de leur superficie, par les ordonnées y d'une ligne mixte dont les abscisses soient leur rayon r, on aura : 1° pour la partie de cette ligne relative au cylindre central, resté parfaitement élas-

---

(*) On peut demander de déterminer, théoriquement aussi, de quel angle

$$\theta',$$

nécessairement moindre que θ, le cylindre reviendra sur lui-même lorsque les forces qui l'ont tordu de l'angle θ auront cessé d'agir sur lui. Soit, pour cela,

$$M'$$

le moment, moindre que M, de la réaction élastique qu'il exerce après la torsion, et en sens opposé. La partie centrale, de rayon R_0, qui a conservé son état élastique primitif, et dont les fibres ont éprouvé des inclinaisons θr depuis $r = 0$ jusqu'à $r = R_0$, fournit à ce moment une portion

$$\pi G \theta \frac{R_0^4}{2},$$

provenant des réactions $G\theta r$. Quant à l'autre partie, comprise entre les cylindres de rayons R_0 et R, sa portion élémentaire, qui est contiguë au premier de ces deux cylindres, vient d'éprouver une déformation permanente, donnant à ses molécules un nouvel arrangement stable; elle ne doit pas plus réagir que si l'on ne lui avait fait subir aucune torsion, ou que si ses fibres n'avaient pas l'inclinaison θR_0 sur la section : mais le reste, arrivé avant elle à cet état d'arrangement nouveau servant désormais de point de départ, et dans lequel on suppose que la contexture et la propriété élastique sont les mêmes qu'avant, doit réagir comme si les inclinaisons prises par ses fibres à la distance r de l'axe n'étaient que $\theta r - \theta R_0$.

On peut donc poser

$$M' = \pi G \theta \frac{R_0^4}{2} + \int_{R_0}^{R} G\theta (r - R_0)\, 2\pi r dr.r = 2\pi G\theta \left(\frac{R^4}{4} - \frac{R^3 R_0}{3} + \frac{R_0^4}{3}\right);$$

ou, comme on a $G\theta R_0 = K$ pour la condition de raccordement des deux parties sur la surface $r = R_0$,

$$M' = \pi G \theta \frac{R^4}{2} - \frac{2}{3}\pi K R^3 + \frac{2}{3}\pi \frac{K^4}{G^4 R^4}.$$

En égalant cette expression de M' à $\pi G \theta' \frac{R^4}{4}$, on tire

$$\theta' = \theta - \frac{4}{3}\frac{K}{GR} + \frac{4}{3}\frac{K^4}{G^4 R^4},$$

pour l'angle de détorsion; résultat théorique qui serait à comparer aux faits.

tique, une droite inclinée $y = G\theta.r$, tirée de l'origine ; 2° pour la zone extérieure devenue tout à fait plastique, une droite $y = K$ parallèle à l'axe des abscisses r; 3° pour la zone intermédiaire, une courbe qu'avec raison M. Tresca a laissée indéterminée dans les calculs très-rationnels dont il a présenté le résultat général et indéfini, mais qui certainement sera concave du côté des abscisses et se raccordera tangentiellement avec les deux lignes droites dont on vient de parler. Or, que l'on prolonge ces deux droites jusqu'à leur rencontre au-dessus de la courbe, l'aire comprise entre les deux prolongements et la courbe sera toujours fort petite en comparaison de l'aire comprise entre la même courbe et l'axe des abscisses; et l'on pourra dire la même chose pour les aires déterminées par les trois courbes dans lesquelles on les transformerait en multipliant leurs ordonnées par $2\pi r.r$ pour avoir des ordonnées nouvelles proportionnelles aux moments élémentaires dont M se compose. Ce moment de torsion aura donc, avec l'approximation dont on se contente dans les évaluations de ce genre, la même valeur que si l'on remplaçait la courbe représentative des résistances de la zone intermédiaire par ses deux tangentes, prolongement des deux lignes droites relatives au cylindre central élastique et à la zone extérieure plastique. Or, l'expression de cette valeur approchée du moment M sera précisément la formule (27) que nous venons d'emprunter au *Complément* cité, et qui ne contient d'autres coefficients que celui G de résistance élastique et K de résistance plastique.

» Il conviendrait évidemment que ces deux coefficients G, K pussent suffire à toutes les formules, sans avoir besoin, pour chaque ordre de faits, d'y ajouter quelque coefficient particulier comme celui qui est ici désigné par K', ce qui tendrait à réduire à peu près la branche nouvelle de science, à peine créée, à de l'empirisme. Je crois devoir appeler là-dessus toute l'attention et les recherches de M. Tresca, ainsi que celles de M. Levy, dont la remarquable Note du même jour (p. 1098) prouve pour la seconde fois qu'il peut faire progresser cette partie de la Mécanique, et qui, sans doute, dans le travail ultérieur qu'il annonce, sur la mise en œuvre des *conditions à la surface*, saura avoir égard, comme cela m'a paru nécessaire (*), à ce qu'il y a, pour les conditions limites, deux genres de surfaces à considérer, la surface extérieure et une ou plusieurs surfaces intérieures où se fait le *raccordement* des parties obéissant à des lois différentes. »

(*) *Complément, etc.* (cité ci-dessus) [*Journal de Mathématiques*, décembre 1871, p. 377].

ASTRONOMIE. — *Note de* M. Yvon Villarceau (*Communication d'une Lettre de* M. Gould).

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie quelques extraits d'une Lettre que je viens de recevoir de M. Gould : les astronomes les accueilleront sans doute avec intérêt.

» L'année dernière, peu de temps avant la déclaration de guerre, M. Gould, en se dirigeant vers la République argentine, avait voulu prendre congé de ses amis de France; il assistait à nos séances du commencement de juillet. Les événements nous ont empêché de recevoir de ses nouvelles jusqu'à ces derniers jours.

» Par une Lettre en date du 30 août 1871, M. Gould m'informe des difficultés et des retards que les événements ont apportés dans l'établissement de son Observatoire à Cordoba : M. Gould avait fait à Hambourg et à Londres l'acquisition d'instruments qui furent embarqués, les uns sur un navire allemand, les autres sur un navire français; ces navires ne sont arrivés à destination qu'au printemps dernier. D'autre part, la fièvre jaune ayant amené l'interruption des communications entre la capitale de la République et les provinces pendant plusieurs mois, M. Gould n'avait reçu ses instruments que depuis peu de temps, à la date de sa Lettre.

« Vous pouvez, dit M. Gould, vous imaginer le chagrin que j'éprouve en vous confiant que, jusqu'à ce moment-ci, les observations régulières ne sont pas encore commencées; mais j'espère que ces délais ne dureront pas beaucoup plus longtemps. L'Observatoire est presque fini; j'ai monté le grand équatorial, et j'espère mettre en position le cercle méridien en peu de semaines. Le 15 octobre, on doit inaugurer ici une exposition nationale de l'industrie, et le Président de la République, qui va venir pour cette fin à Cordoba, inaugurera l'Observatoire national en même temps, avec solennité.

» ... Malgré les obstacles survenus dans l'accomplissement de mon projet principal, je n'ai pas perdu mon temps, et parfois je me flatte de l'avoir employé très-utilement. En attendant l'achèvement de mon installation, je me suis proposé de faire une Uranométrie du ciel méridional, en dressant un catalogue de toutes les étoiles visibles à l'œil nu, dans les nuits les plus claires de cette atmosphère transparente, et de déterminer l'éclat de chaque étoile à un dixième de grandeur près. Mes assistants sont des jeunes gens pénétrés de l'amour de la science, quoiqu'ils n'aient reçu auparavant aucune discipline astronomique : ils se sont consacrés à cette œuvre avec beaucoup d'enthousiasme, de sorte que je crois que l'examen du ciel et l'identification des étoiles seront terminés dans le cours du mois prochain. Ensuite, je me propose de faire une revue systématique, une détermination bien soignée des positions absolues des étoiles et enfin de construire des cartes. L'ouvrage va se publier sous le titre de : *Uranometria Argentina*.

» ... La condition peu satisfaisante des constellations australes me paraît exiger une

révision soignée et quelques réformes; je mettrai tous mes efforts à accomplir ceci d'une manière qui puisse mériter l'approbation des astronomes et l'adoption générale.

» Le ciel de Cordoba possède une transparence merveilleuse quand il n'y a pas de nuages, et je crois pouvoir comprendre dans la nouvelle Uranométrie toutes les étoiles audessous de la 6e,6 grandeur, qui sont situées entre le pôle austral et le parallèle de déclinaison boréale de 10 degrés; mais j'ai été bien déçu dans mes espérances, quant au nombre des nuits sans nuages, bien que le ciel ne soit pas plus fréquemment couvert ici qu'en beaucoup d'observatoires européens.

» Naturellement, l'examen rigoureux que nous avons entrepris nous a fait rencontrer quelques étoiles variables. Parmi celles-ci, nous en comptons six nouvelles, assez bien déterminées, et deux ou trois fois autant dont la variabilité paraît probable; mais je préfère continuer ces observations pendant quelque temps, avant de publier les résultats, pour éviter les erreurs qui s'introduisent avec tant de facilité dans les premières déterminations. »

PHYSIQUE. — *Recherches thermiques sur l'électrolyse* (suite); *par* M. P.-A. Favre.

« Dans une Communication faite en 1866 (1), j'ai donné des nombres qui me paraissaient être l'expression thermique de l'analyse électrolytique du sulfate d'hydrogène et du sulfate de cuivre, en dissolutions étendues. Ces nombres se sont trouvés entachés d'erreur, parce que je n'avais pas encore songé à employer le thermorhéostat, afin de rendre négligeable la résistance physique du voltamètre, et parce que, accidentellement, j'avais opéré sur du sulfate de cuivre dissous dans la liqueur normale de sulfate d'hydrogène.

» Dans une seconde Communication sur le même sujet faite à l'Académie en 1868 (2), j'ai fait connaître les modifications apportées à la méthode expérimentale, et j'ai donné de nouveaux nombres beaucoup plus exacts et qui ne permettaient plus d'admettre une de mes premières conclusions que j'avais formulées en ces termes :

« En interprétant les résultats fournis par les expériences, nous sommes également conduits à admettre que, pour décomposer le sulfate d'hydrogène, $(SO^4)H$, et le sulfate de cuivre, $(SO^4)Cu$, il faut mettre en jeu une quantité de chaleur à peu près égale..... »

» Les nouvelles recherches dont je fais connaître aujourd'hui les résultats ne font que confirmer les conclusions de mon second Mémoire, en ce qui concerne l'électrolyse du sulfate de cuivre, et permettent d'en formuler de nouvelles.

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXIII, séance du 27 août.

(2) *Comptes rendus*, t. LXVI, séance du 10 février.

(I) *Électrolyse du sulfate de cuivre, du sulfate de zinc et de l'azotate de cuivre.* (La pile et le thermorhéostat occupent l'intérieur du calorimètre hors duquel est placé le voltamètre qui renferme les dissolutions neutres de ces sels.)

	Chaleur empruntée à la pile.
Sulfate de zinc...............	65510^{cal}
Sulfate de cuivre............	39415
Azotate de cuivre............	37770

» Je ferai remarquer que, dans l'électrolyse du sulfate de zinc, les deux lames de platine du voltamètre non cloisonné plongeaient dans 2 litres de dissolution normale de ce sel, afin d'éviter une complication dont je vais signaler la nature.

» Lorsqu'on soumet à l'action d'un courant suffisamment énergique du sulfate de zinc placé dans une des éprouvettes du calorimètre qui ne peuvent pas recevoir plus de 120 centimètres cubes environ de liquide, une quantité de plus en plus considérable de sulfate d'hydrogène qui prend naissance pendant l'opération et qui augmente au fur et à mesure que le sulfate de zinc se décompose, s'électrolyse à la place d'une quantité équivalente de ce dernier sel dont la résistance électrolytique est beaucoup plus énergique. D'où il résulte que l'emprunt de chaleur fait à la pile va sans cesse en diminuant et que cet emprunt, au lieu d'être l'expression thermique de l'analyse électrolytique du sulfate de zinc n'est plus que l'expression thermique de l'analyse électrolytique d'un mélange, qui varie sans cesse, de sulfate de zinc et de sulfate d'hydrogène.

» La quantité de sulfate d'hydrogène qui s'électrolyse à la place du sulfate de zinc n'augmente pas seulement avec la quantité croissante du premier sulfate, elle augmente aussi lorsqu'on ralentit l'opération à l'aide d'un thermorhéostat placé dans ce circuit. Dans ce cas, il se produit un phénomène inverse du phénomène du même ordre, sur lequel je vais insister, et qui se produit lorsqu'on opère sur un mélange de sulfate d'hydrogène et de sulfate de cuivre placé dans les mêmes conditions. Il importe donc beaucoup, lorsqu'on veut électrolyser le sulfate de zinc seul dans un voltamètre non cloisonné, dans le cas surtout où l'action est ralentie par un thermorhéostat, d'opérer sur une quantité considérable de liquide dans lequel le sulfate d'hydrogène, au fur et à mesure qu'il prend naissance, peut se diluer assez pour qu'il soit permis de regarder son électrolyse comme négligeable.

» Ainsi que je viens de le dire, l'électrolyse du sulfate de cuivre dans le

voltamètre non cloisonné a lieu dans des conditions de résistance électrolytique inverses des conditions précédentes. En effet, pendant l'électrolyse de ce sel, sa dissolution, neutre d'abord, devient de plus en plus acide, parce qu'il se produit du sulfate d'hydrogène dont la quantité augmente sans cesse avec la quantité de sulfate de cuivre décomposé. Mais, comme la résistance électrolytique du sulfate d'hydrogène est plus forte que celle du sulfate de cuivre mis en expérience, on peut opérer l'électrolyse exclusive de ce dernier sel dans l'éprouvette ordinaire, pourvu qu'on ralentisse sa marche à l'aide d'un thermorhéostat suffisamment puissant. Dans ce cas, le thermorhéostat remplit un double rôle; il rend négligeable la résistance physique du voltamètre, et il s'oppose à l'électrolyse trop rapide du sulfate de cuivre; de telle sorte que ce sel, décomposé lentement à l'électrode négative, a le temps de s'y porter au fur et à mesure qu'il y est détruit et s'y trouve toujours en quantité telle que l'électrolyse du sulfate d'hydrogène ne devient jamais nécessaire.

» Dans mes dernières recherches thermiques sur les mélanges, j'ai signalé des phénomènes qui me semblaient devoir se produire lorsqu'on soumet à l'action d'un courant voltaïque suffisamment énergique une dissolution qui renferme plusieurs sels. J'ai dit que l'existence de ces phénomènes s'imposait à l'esprit comme la conséquence nécessaire de la thermoneutralité des sels et des lois thermiques qui président aux décompositions électrolytiques; et, en annonçant que j'avais entrepris de démontrer expérimentalement l'existence de ces phénomènes, je m'exprimais ainsi : « D'où il résulte que, » dans ces mélanges (*de plusieurs sels dissous dans une quantité d'eau suffi-* » *sante*), une molécule métalloïdique ou métallique ne peut pas être con- » sidérée comme appartenant plus particulièrement à tel métal ou à tel mé- » talloïde; de telle sorte que, lorsqu'on enlève par électrolyse, à l'aide » d'un courant suffisamment énergique, une molécule *quelconque* métal- » loïdique ou métallique, l'état d'équilibre n'est pas rompu parce qu'il » part en même temps à l'électrode opposée une molécule *quelconque* aussi » métallique ou métalloïdique. »

» Les expériences que je vais faire connaître semblent confirmer cette manière de voir, et l'interprétation de leurs résultats permet de se rendre un compte exact de ce qui se passe lorsqu'on soumet à l'action du courant voltaïque une dissolution qui renferme plusieurs sels, du genre sulfate, par exemple, et de comprendre pourquoi, en opérant dans telles ou telles conditions, ce sera tel ou tel métal qui deviendra libre, ou bien tels ou tels métaux qui deviendront libres dans telles ou telles proportions.

» Voici les moyennes des résultats fournis par les expériences :

II. *Électrolyse du sulfate de zinc neutre, et d'un mélange de sulfate de zinc et de sulfate d'hydrogène.* (La pile et le thermorhéostat occupent l'intérieur du calorimètre hors duquel est placé le voltamètre.)

	Chaleur empruntée à la pile.
Dissolution neutre de sulfate de zinc placée dans le voltamètre cloisonné...	66246cal
Deux litres de dissolution neutre de sulfate de zinc placé dans le voltamètre non cloisonné..........	65510
120 centimètres cubes de dissolution neutre de sulfate de zinc placés dans le voltamètre non cloisonné (1re opération)..........	61695
Id. (4e opération)..........	55555
Mélange de 80 centimètres cubes de dissolution neutre de sulfate de zinc avec 40 centimètres de dissolution de sulfate d'hydrogène placé dans le voltamètre non cloisonné..........	50035

III. *Électrolyse du sulfate de cuivre neutre, et d'un mélange de sulfate de cuivre et de sulfate d'hydrogène.* [La pile et le thermorhéostat occupent l'intérieur du calorimètre hors duquel est placé le voltamètre. — Dans les expériences marquées (*s*), le thermorhéostat était supprimé et les opérations marchaient avec une rapidité beaucoup plus grande.]

	Chaleur empruntée à la pile.
120 centimètres cubes de dissolution neutre de sulfate de cuivre placés dans le voltamètre non cloisonné (1re opération)..........	39415cal
Id. (4e opération)..........	40010
On opère sur la dissolution renouvelée..........	45488 (*s*)
Mélange de 12 centimètres cubes de dissolution neutre de sulfate de cuivre avec 108 centimètres cubes de dissolution de sulfate d'hydrogène placé dans le voltamètre non cloisonné..........	40175
On opère sur le mélange renouvelé..........	51495 (*s*)

IV. La pile et le thermorhéostat sont placés hors du calorimètre qui renferme le voltamètre.

	Chaleur qui reste confinée dans le voltamètre.
120 centimètres cubes de dissolution neutre de sulfate de cuivre placés dans le voltamètre à cloison..........	10693cal
Id. non cloisonné..........	10794

» Les résultats obtenus dans l'électrolyse du sulfate de cuivre (tableau III), sont donc les mêmes lorsqu'on opère avec des dissolutions qui renferment des qualités même très-fortes de sulfate d'hydrogène, pourvu que le thermorhéostat, en ralentissant suffisamment l'électrolyse du sulfate de cuivre, s'oppose à l'électrolyse du sulfate d'hydrogène, qui ne peut avoir lieu qu'autant que sa quantité, étant relativement assez forte, l'opération marche

avec une certaine rapidité; mais lorsqu'on opère avec une liqueur suffisamment acide et sans thermorhéostat, comme dans la cinquième expérience, le sulfate de cuivre fait immédiatement défaut à l'électrode négative, parce qu'il n'a pas le temps de s'y rendre au fur et à mesure qu'il y est détruit, et une quantité complémentaire de sulfate d'hydrogène, dont l'électrolyse est cependant plus difficile, se décompose à sa place, en faisant à la pile un emprunt de chaleur plus considérable. En outre, l'hydrogène mis en liberté pendant l'électrolyse du sulfate d'hydrogène peut probablement, *en naissant* (1), se substituer en partie au cuivre du sulfate de cuivre, lorsque ce dernier sel est en quantité suffisante, en dégageant une quantité déterminée de chaleur probablement aussi transmissible au circuit.

» L'interprétation des résultats inscrits au tableau II est maintenant bien facile, puisqu'elle ne diffère en rien de l'interprétation des résultats que nous venons de discuter. En effet, les deux premiers nombres peuvent être considérés comme l'expression thermique exacte de l'analyse électrolytique du sulfate de zinc en dissolution, puisque, dans la première expérience, l'électrolyse de ce sel n'a pas pu se compliquer de celle du sulfate d'hydrogène, et que, dans la seconde, l'électrolyse du sulfate d'hydrogène est

---

(1) Je ferai remarquer que je n'emploie plus l'expression d'*état naissant*, depuis que M. H. Sainte-Claire Deville l'a condamnée; mais qu'il me soit permis de maintenir le sens que je lui attachais lorsque, dans des Communications antérieures, j'ai parlé de certaines aptitudes que présentent les corps au moment où ils abandonnent les combinaisons dans lesquelles ils sont engagés. En effet, il me semble difficile de ne pas admettre que les corps, au moment où ils quittent leurs combinaisons, sont susceptibles de réagir comme ils ne réagissent pas dans les conditions ordinaires. Ainsi, dans la pile de Grove, par exemple, où il n'est pas possible d'admettre que le zinc s'oxyde dans le compartiment positif, à l'aide de l'oxygène emprunté à l'acide azotique, puisque cet acide se trouve dans un compartiment différent, l'hydrogène qui se sépare nécessairement du radical SO^4, ainsi que je crois l'avoir démontré dans un travail antérieur, s'oxyde immédiatement à l'électrode négative aux dépens de l'oxygène de l'acide azotique qui est en contact avec elle; tandis que l'hydrogène, pris dans les conditions ordinaires, ne s'oxyde pas plus en présence de l'acide azotique concentré, employé dans le couple de Grove, qu'il ne s'oxyde en présence des acides oxydants qui peuvent remplacer cet acide, tels que les acides azotique fumant, chromique, permanganique, etc. Faut-il admettre que l'hydrogène, en quittant les combinaisons dans lesquelles il est engagé, possède les propriétés actives du phosphore ordinaire et de l'oxygène électrisé, comparés au phosphore amorphe et à l'oxygène ordinaire? Faut-il admettre encore que l'hydrogène peut avoir un contact plus intime avec les corps au moment de sa mise en liberté, alors qu'il n'est ni à l'état liquide, ni à l'état gazeux?

devenue négligeable; mais il n'en est plus de même pour les nombres suivants, qui ont été fournis par des expériences dans lesquelles l'électrolyse du sulfate d'hydrogène qui prend naissance dans le voltamètre, dès la première opération, ou qu'on y a introduit avant l'expérience, s'affirme de plus en plus avec la quantité croissante de ce corps. Aussi le cinquième et dernier nombre se rapproche déjà beaucoup de celui qui est l'expression thermique de l'analyse électrolytique du sulfate d'hydrogène.

» Les phénomènes sont les mêmes lorsqu'on emploie une dissolution qui renferme un plus grand nombre de sulfates. Ainsi, en soumettant à l'action du courant voltaïque une dissolution qui renfermait trois sulfates (les sulfates de *cuivre*, de *cadmium* et de *zinc*), et en opérant dans des conditions différentes, j'ai pu obtenir un seul de ces métaux, ou deux de ces métaux en même temps, ou, enfin, les trois métaux à la fois et en certaines proportions. Les résultats fournis par les expériences varient : 1° avec l'énergie voltaïque de la pile ; 2° avec la résistance électrolytique des sulfates employés ; 3° avec la quantité relative de chacun de ces sels ; 4° enfin avec la marche plus ou moins rapide de l'opération qu'il était facile de gouverner à l'aide d'un rhéostat.

» Je ferai remarquer que ce que je viens de dire pour les dissolutions qui renferment plusieurs sels du même genre s'applique également aux dissolutions qui renferment plusieurs sels de même espèce, ou bien encore plusieurs sels de genre et d'espèce quelconque.

» On peut donc, en faisant varier l'énergie voltaïque, à l'aide de couples plus ou moins nombreux, ainsi que la rapidité de l'électrolyse, à l'aide d'un rhéostat, enlever successivement chacun des métaux qui se trouvent dans une même dissolution, et faire une analyse dans laquelle *l'énergie voltaïque se substitue aux réactifs habituels de la chimie.* »

« M. **Élie de Beaumont** fait hommage à l'Académie d'un exemplaire tiré à part des deux *Notes sur les roches qu'on a rencontrées dans le creusement du tunnel des Alpes occidentales, entre Modane et Bardonnèche,* qu'il a lues dans les séances des 4 juillet 1870 et 18 septembre 1871 (1).

» Il rappelle les termes de la remarque faite par M. Faye, dans la séance du 18 septembre 1871 (2), sur l'intérêt qu'il y aurait à mettre à profit l'ou-

(1) *Comptes rendus,* t. LXXI, p. 8, et t. LXXIII, p. 689.

(2) *Comptes rendus,* t. LXXIII, p. 715.

verture de ce tunnel pour étudier la marche du pendule, en des points convenablement choisis, à l'intérieur et à l'extérieur de la montagne, de manière à mettre en évidence l'attraction de sa masse, et il donne ensuite lecture d'une lettre qui vient de lui être adressée à ce sujet par le P. Secchi »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les expériences du pendule qui vont être entreprises dans le tunnel des Alpes occidentales.* Lettre du **P. Secchi** à M. Élie de Beaumont.

« Turin, ce 9 novembre 1871.

» J'ai l'honneur d'informer l'Académie que la belle idée de M. Faye, d'observer les oscillations du pendule pour déterminer la gravité au tunnel du Fréjus (1), va être mise à exécution.

» M. Diamilla-Müller, le R. P. Denza et moi, nous venons de visiter le tunnel et les localités environnantes, pour formuler un programme détaillé de ces observations, qui auront lieu à la belle saison prochaine. Pour le moment, nous nous sommes déterminés à faire les expériences au milieu du tunnel, où existe déjà une chambre latérale d'une capacité suffisante pour recevoir les instruments et les observateurs, et à les répéter ensuite sur le point de la montagne qui correspond verticalement à cette station, la différence de hauteur étant 1600 mètres. Si les observations ne présentent pas trop de difficultés pour l'installation des stations supérieures, nous pourrons même les répéter à une autre station située au quart de la longueur de la galerie, et au point correspondant sur la montagne.

» Indépendamment de ces observations, on déterminera les éléments magnétiques de la terre et la température de la roche.

» Par des expériences préliminaires, nous nous sommes assurés que le mouvement des trains n'aura aucune influence sérieuse sur la précision des observations. Quant aux recherches magnétiques, nous avons trouvé que l'influence des masses de fer de la galerie n'est pas aussi grande qu'on pouvait le craindre, et que l'on pourra toujours déterminer les corrections d'une manière satisfaisante.

» La température des roches ayant été déjà explorée au moment des travaux, en plusieurs localités, il sera très-intéressant de répéter ces déter-

(1) C'est le nom de l'un des cols que présente la partie de la crête des Alpes appelée la *côte traversière*, sous laquelle passe le tunnel qui conduit aujourd'hui de Modane à Bardonnèche.

minations, pour voir quel changement elle a subi dans le voisinage des parois nouvellement mises au contact de l'air, et l'on cherchera à atteindre des profondeurs plus considérables. La température trouvée dans les observations du 8 novembre, vers midi, a été de 21°,8 dans l'intérieur de la salle, et de 19 degrés dans la galerie, malgré un courant d'air très-vif provenant de Bardonnèche, où la neige tombait depuis deux jours. Le passage du train n'a pas modifié ces valeurs.

» Dans ces recherches, nous aurons le bonheur de profiter largement de la bienveillance de la Société des chemins de fer de la haute Italie, et de la Direction des travaux du tunnel, qui jusqu'ici nous ont donné toutes les facilités possibles pour ces recherches préparatoires. Grâce à leur concours, nous pouvons disposer de fils télégraphiques pour l'enregistrement chronographique des observations, et la salle même d'observations sera fournie de moyens de ventilation abondants, au moyen de conduites d'air.

» Pour ce qui regarde les instruments destinés aux observations astronomiques et magnétiques, ils seront fournis par l'Observatoire du Collége Romain; pour le pendule à réversion, nous profiterons de l'offre de MM. Littrow et Plantamour. Les études préparatoires seront faites pendant l'hiver prochain, à Rome.

» Nous recevrons avec reconnaissance toutes les indications que M. Faye, M. Le Verrier et les autres Membres de l'Académie voudront bien nous adresser, dans l'espoir que ces recherches arriveront à rendre de véritables services à la science. »

« **M. le Président**, après avoir remercié M. Élie de Beaumont du don qu'il vient de faire à ses confrères de la nouvelle publication où il a réuni ses importantes études sur la constitution géologique du mont Cenis, émet l'opinion que la Lettre du P. Secchi dont il vient d'être donné lecture doit être renvoyée à une Commission, composée des Sections de Physique et d'Astronomie, qui voudra bien répondre au vœu exprimé dans cette Lettre et indiquer les expériences qu'il serait à désirer de voir entreprendre dans le tunnel ou au sommet de la montagne, rendue désormais accessible à tous les genres d'exploration. »

Après avoir consulté l'Académie, le Président prononce ce renvoi.

ASTRONOMIE. — *Observations du passage de l'essaim d'étoiles filantes de novembre dans les nuits des 12, 13 et 14 de ce mois.* Note de M. **Le Verrier**.

« Les nombreuses stations établies par les soins de l'Association scientifique ont pu être pourvues de chronomètres, grâce à l'obligeance de notre confrère M. Jurien de la Gravière, directeur du Dépôt de la Marine, et par l'empressement d'habiles horlogers. Tous les chronomètres ont été comparés entre eux au moyen de signaux télégraphiques, M. le directeur général Pierret ayant bien voulu, comme en août, mettre ses lignes à notre disposition pour cette importante opération.

» Les rapports ne nous sont point encore tous parvenus. De ceux que nous avons reçus résultent deux conséquences.

» L'essaim va s'appauvrissant, et la partie traversée est fort irrégulièrement constituée. Dans la nuit du 12, par un temps également beau à Brest et à Toulon, on observait 107 étoiles à Brest, tandis qu'à Toulon on n'en voyait pas une! Le 13, le nombre des météores ne paraît pas s'accroître pour les stations de l'ouest, tandis qu'à l'École Normale de Barcelonnette on en observe 284. Le 14, Barcelonnette observe 544 étoiles. A Alexandrie, Gênes, Volpeglino, Milan, etc., où le ciel se découvre enfin, on observe un nombre considérable de météores. Il semble, dit M. Denza, que le courant météorique est passé dans la nuit du 14 au 15; mais le radiant a peut-être été un peu déplacé.

» Mais le radiant a-t-il été réellement un peu déplacé, comme le dit M. Denza, ou bien n'y a-t-il pas plusieurs radiants? « Dans la nuit du » 12 novembre 1869, disions-nous dans la séance du 7 novembre, la » grande majorité des météores ne venait en aucune façon du Lion, mais » bien plutôt d'une région située plus au nord-ouest. » Or les observations qui viennent d'avoir lieu ont confirmé en 1871 le phénomène observé en 1869. Le 12 novembre dernier, les étoiles paraissaient surtout venir du Cocher, des Gémeaux. Le 13, elles semblaient venir en proportion plus notable du Lion; et le 14 enfin, elles en venaient presque toutes. Ce n'est pas le point radiant qui se déplace de jour en jour, mais il y a plusieurs points radiants qui font successivement sentir leur influence. Les étoiles venant du Cocher, du Taureau sont les premières qu'on rencontre dès le 12 et peut-être auparavant; le 13 on entre dans le courant qui vient du Lion, et le 14 on y est en plein.

» Analysons brièvement les rapports sur lesquels s'appuient ces propositions.

» *M. Delestrac* fait savoir qu'à Nice les observations ont été impossibles.

» *M. Dorna*, directeur de l'Observatoire de Turin, s'était préparé à observer le passage avec MM. Charrier et Rovère. L'état du ciel n'a permis aucune observation.

» *M. Denza* n'a pas été plus favorisé à Moncalieri.

» *M. Wolf*, d'une part, et *M. Tremeschini*, de l'autre, n'ont pu faire qu'un petit nombre d'observations à Paris.

» *M. Zurcher* (Toulon) fait connaître que dans la nuit du 12, par un temps très-beau, on n'a pu faire qu'une seule observation

» *M. Lafon*, à Lyon, a été contrarié par le temps. — Pendant une partie de la nuit du 13 au 14, où le ciel était beau, on n'a vu que 2 Léonides.

» *MM. Martin, Charrault, de Ponton d'Amécourt* et *Follie* ont à peine aperçu quelques étoiles au Mans, même lorsqu'il faisait beau.

» *M. Le Breton*, à Sainte-Honorine-du-Fay, a déterminé 72 étoiles.

» *MM. Courbebaisse* et *Simon*, à Rochefort, ont déterminé en deux nuits 70 étoiles. — M. Courbebaisse estime qu'on n'a inscrit que la septième ou huitième partie des étoiles qui se sont montrées sur l'horizon entier.

» *M. Person* et MM. les fonctionnaires et élèves de l'École Normale de Chartres ont observé 198 étoiles en deux jours.

» *M. Gully*, à Rouen, a eu le concours de MM. Devesly, Lalouette, Letellier, Delamare et Lecointe. M. Coache, horloger, a fourni un chronomètre. 104 étoiles ont été observées en deux nuits.

» *M. l'abbé Souberbielle*, à Laressore, a déterminé 70 étoiles environ, durant les deux premières nuits, et 130 durant la troisième. Il en a paru un bien plus grand nombre.

» *M. Tarry* a observé à Brest, avec le concours de MM. de Bénazé, Clément, Risbec, ingénieurs de la marine; Corrard, enseigne de vaisseau; Roussin, sous-commissaire de la marine; Thiébault, ingénieur des travaux hydrauliques; Papuchon, capitaine du génie; 101 étoiles ont été observées pendant la première nuit, 105 pendant la seconde. Des cartes envoyées par M. Tarry, il semble résulter aussi que, le 12, les étoiles ne venaient pas du Lion.

» *M. Faucheux*, à La Guerche, a réussi a faire quelques observations. Il fait aussi remarquer que, le 12, les étoiles les plus brillantes ne sont pas des Léonides. Sur 17 météores, 4 seulement émanent de cette constellation.

» *M. Crova* signale que les trois nuits ont été belles à Montpellier. Il a été déterminé 220 étoiles.

» *M. Giraud*, directeur de l'École Normale de Barcelonnette, a observé avec le concours de MM. Vernet, Lartigue, Manuel, maîtres adjoints; Lodoyer, professeur, et les treize élèves maîtres de troisième année.

» La nuit du 12 a été couverte.

» Le 13, il a été observé 284 météores.

» Le 14, il en a été observé 544.

» Un fait qui aura été remarqué dans toutes les stations et qui résulte de l'ensemble des observations, c'est que la masse des astéroïdes a pris cette année une direction différente.

» *M. Sansac de Touchimbert*, à Poitiers, a déterminé 43 étoiles. Il constate que, dans la nuit du 12, les météores ne venaient pas du Lion, mais bien du Cocher et des Gémeaux.

» *M. Rayet* s'était rendu de Paris à Valence pour occuper cette station, importante par sa situation au centre de plusieurs autres. — Le 12, pendant une éclaircie de plusieurs heures, à partir de minuit, M. Rayet n'a vu aucune étoile. — Le 13, ciel couvert. — Le 14, il a été observé 90 étoiles. — M. le directeur de l'École Normale et M. le professeur Chaullias ont prêté à M. Rayet leur concours.

» *M. Delaplanche*, directeur de l'École Normale de Saint-Lo, a réalisé 92 observations en deux nuits.

» *M. Lespiault*, de Bordeaux, nous paraît résumer la situation dans la lettre suivante :

« Je vous adresse mon Rapport sur les observations d'étoiles filantes.

» M. Blanc avait mis à ma disposition le chronomètre Parkinson-Frodsham n° 3996. L'administration télégraphique s'est employée avec empressement à faciliter l'échange de nos signaux.

» Les observations se sont faites sur la plate-forme de la tour de l'Académie. Mes collaborateurs étaient : MM. Rodin, professeur à la Société Philomatique; Lalanne et Coquet, licenciés ès-sciences; Lacroix, professeur au lycée; Laurendeau, horloger-mécanicien; Guitard, préparateur à la Faculté.

» Les deux premières nuits ont été très-belles; la troisième, au contraire, est restée presque constamment couverte ou nébuleuse.

» Dans la nuit du 12, les étoiles étaient généralement très-faibles et très-rapides, souvent presque imperceptibles et échappant à des yeux peu exercés. Avec une attention soutenue, de 10 heures du soir à 5 heures du matin, nous en avons aperçu ou entrevu 60 environ, sur lesquelles nous n'avons pu tracer que 44 trajectoires. Dès le soir même, nous avons remarqué que très-peu d'entre elles émanaient des environs du Lion.

» Les étoiles de la nuit suivante étaient généralement plus brillantes et laissaient plus souvent des traînées. Nous avons tracé 41 trajectoires. Il y a encore ici peu de Léonides, mais cependant plus que la veille.

» Enfin les 24 étoiles que nous avons tracées dans les rares éclaircies qu'a laissées la nuit du 14 étaient beaucoup plus brillantes que celles des deux premières nuits. Les trois quarts peuvent être classées parmi les Léonides.

» Dès le 13, le premier coup d'œil jeté sur nos cartes de la veille nous a montré que le point radiant principal était aux environs d'Aldébaran. Les observations de la nuit suivante ont confirmé et précisé ce résultat, conforme aux idées que vous avez présentées à l'Institut dans la séance du 6 novembre. Dans la troisième nuit, le plus grand nombre des rares étoiles que nous avons pu tracer (étoiles en général très-brillantes) appartient aux Léonides.

» Un examen plus attentif nous a permis d'opérer une subdivision plus complète, bien que sommaire. Éliminant d'abord les Léonides, la plus grande partie des étoiles qui restent paraissent émaner des environs d'Aldébaran. Les autres semblent toutes se rattacher à un point radiant voisin de la Chèvre. »

» *M. Alby* écrit de Port-Empédocle (Sicile) :

« J'avais pris les mesures nécessaires pour être à même d'observer avec soin les étoiles filantes du mois de novembre. Malheureusement, le temps n'a presque pas cessé, chaque nuit, d'être à peu près couvert. Dans l'après-midi du 9 de ce mois, nous avons eu, pendant dix minutes, un véritable déluge, accompagné d'un peu de grêle et de rares et faibles coups de tonnerre. On n'a pas souvenir dans le pays d'un pareil orage. Quelques personnes assurent avoir vu en mer, au sud-ouest de cette rade, une trombe à siphon. Dans l'intérieur, à Cianciana notamment, il y a eu une grêle épouvantable, même de la grosseur d'un œuf. »

M. Faye fait, à propos de la Communication de M. Le Verrier, la remarque suivante :

« Nous avons entendu avec le plus vif intérêt l'exposé que M. Le Verrier vient de faire des observations organisées sur toute la surface de la France par l'Association Scientifique en vue d'étudier le phénomène des étoiles filantes de novembre. Jamais on n'avait opéré sur une aussi grande échelle et avec des combinaisons aussi favorables; tout nous fait espérer que les observations françaises, ainsi conduites et combinées avec les observations simultanées faites en Italie, donneront des résultats d'une grande valeur pour la science. J'ai été frappé, pour ma part, d'un fait que ces observations mettent en évidence et sur lequel M. Le Verrier a insisté avec grande raison, à savoir : que les étoiles filantes des premières soirées paraissaient diverger d'un point situé près du Cocher et non du centre de radiation ordinaire des apparitions si célèbres du 12 au 13 novembre, lequel est situé dans le Lion. Il paraît que ces dernières n'ont été vues que plus tard, surtout en Italie, avec leur caractère habituel.

» On peut se demander, comme notre savant Confrère n'a pas manqué

de le faire, si cette grande déviation des étoiles de la mi-novembre ne serait pas due à l'action perturbatrice de la Terre, qui, en passant à d'autres époques en plein dans l'anneau des Léonides, aurait dispersé une partie de ces météores et en aurait notablement modifié l'orbite. Mais il me semble qu'il y aurait aussi à se préoccuper d'une autre alternative que les travaux de M. Heis, à Munster, Gregg et A. Herschel, en Angleterre, peuvent nous suggérer. On sait, en effet, qu'il existe dans le ciel, outre les Perséides et les Léonides, un grand nombre d'essaims assez réguliers, mais bien moins nombreux, d'étoiles filantes dont les points radiants se trouvent disséminés sur presque toute la surface du ciel. Les étoiles signalées cette année comme ne radiant pas avec les Léonides ne rentreraient-elles pas dans cette catégorie? Je trouve, par exemple, dans le Catalogue de M. Heis, les radiants suivants pour la mi-novembre :

	Ascension droite.	Déclinaison.
A..................	= 46°	= + 43°
C..................	15	+ 62
D..................	279	+ 56
R..................	55	+ 16
L..................	153	+ 22 (près de γ du Lion).

» Le radiant L est précisément celui des Léonides; mais quand la grande abondance de celles-ci ne masque pas trop à l'observateur les autres phénomènes de moindre importance, on voit aussi des étoiles émaner des points A, C, D et R qui appartiennent à d'autres essaims : celles-ci persistent même lorsque les Léonides manquent entièrement. Le point signalé aujourd'hui près du Cocher ne diffère pas tellement des radiants A et R qu'on ne puisse comparer et rapprocher ces points l'un de l'autre, surtout en tenant compte de la grande incertitude des positions assignées à quelques-uns de ces points par M. Heis. S'il en était ainsi, l'apparition excentrique de cette année rentrerait dans la catégorie des faits journaliers qui nous présentent simultanément, dans la même nuit, des étoiles émanées de centres différents.

» Ces remarques n'ont d'ailleurs aucunement pour but d'infirmer à l'avance les explications que M. Le Verrier a en vue et dont nous avons pressenti déjà l'intérêt, mais seulement d'indiquer la liaison possible, à la rigueur, du phénomène actuel avec un ordre de faits bien connu des observateurs. »

« **M. Le Verrier** répond à son Confrère que la nécessité d'observer aux

autres époques de l'année n'a point échappé aux savants éminents qui composent le Conseil de l'Association Scientifique de France. Mais il n'était point possible de tout organiser à la fois; la simultanéité, la correspondance des observations sur un grand nombre de points, exige qu'on fasse concourir un grand nombre de volontés, et l'accord ne peut s'établir que progressivement, à mesure qu'on en sent la nécessité.

» Après avoir fondé les observations de novembre, le Conseil de l'Association a établi celles du mois d'août. Aujourd'hui, il se trouve en présence d'une masse compacte d'observations extrêmement nombreuses, communes à plusieurs stations, et dont la discussion fera connaître les orbites effectives et non plus seulement les apparences des orbites. Cette discussion sera à elle seule une œuvre considérable et dont le Conseil a voté l'exécution dans sa dernière séance, tenue le 17 de ce mois. Ainsi que nous l'avons déjà dit, il paraît nécessaire, pour arriver à une entente à l'égard des méthodes de discussion et de leur emploi, de réunir les observateurs dans une Conférence, dont ils ont reconnu la nécessité, et qui aura lieu en décembre, vers Noël. Nous comptons y voir nos excellents associés italiens. Or, dans ces séances, on ne se bornera point à discuter les observations de novembre et d'août, mais l'organisation du travail pour d'autres époques de l'année est inscrite à l'ordre du jour.

» Revenant au point principal des considérations exposées par M. Faye, je lui ferai remarquer que la constatation antérieure d'un point radiant situé dans le Cocher, ne simplifiera rien du tout. Le phénomène étant précisément celui qu'on observe aujourd'hui, et les deux flux se présentant avec une intersection commune, la question restera avec toutes ses difficultés, c'est-à-dire qu'on aura toujours à se demander si les flux sont distincts, ou bien s'ils ont une même origine. C'est ce que j'ai eu soin de faire remarquer dans la séance du 6 novembre.

» Que plusieurs flux, l'un venant du *Lion*, l'autre du *Cocher*, un troisième du *Taureau*, c'est-à-dire émanant de parties complétement différentes des espèces célestes, aient été jetés par des causes indépendantes les unes des autres sur le même point de l'orbite terrestre, et qu'ils y passent dans la même année, cela n'est point impossible; et cependant ces coïncidences multiples sont une raison d'en douter. Il semble, au contraire, que loin de s'étonner de cette multiplicité de courants dus à une cause unique, on doit la considérer comme naturelle.

» Imaginons qu'un flux d'astéroïdes, dévié ou non de sa route primitive par des causes pertubatrices, vienne à se diriger vers un point de l'orbite

terrestre. Si ce flux est assez condensé, si quand il traverse l'écliptique en un point la Terre est ailleurs, il continuera sa route sans déviation. Mais, s'il va en s'allongeant progressivement par suite de la différence de vitesse de ses diverses parties, il lui faudra, à chaque retour, plus de temps pour traverser le plan de l'écliptique, et il finira par y être rejoint par la Terre. A partir de ce moment, les choses marcheront autrement. Toutes celles des particules de l'essaim qui s'approcheront suffisamment de la Terre, sans cependant être jetées dans son atmosphère, seront déviées de leur route par l'attraction de notre globe, enlevées à l'essaim et jetées dans des orbites différentes. En sorte que, par l'action de la Terre, le flux des astéroïdes tend annuellement à se décomposer, et devra finir avec le temps par être disséminé dans toutes les directions. Et cependant les diverses particules reviendront toutes, du moins pendant un certain temps, passer dans les environs du même point de l'orbite de la Terre, d'où une partie d'entre elles pourra être observée de nouveau, mais venant de directions différentes. Cela constituera des météores sporadiques, comme l'on dit.

» Ce que nous énonçons au sujet d'une particule de l'essaim peut avoir eu lieu pour l'ensemble d'une ou plusieurs parties notables de cet essaim, qui auraient été déviées de leur première direction, et qui, revenant à des époques périodiques, constitueraient les météores qui semblent émaner du *Cocher* et du *Taureau*.

» Quand même le passage des essaims du Cocher et du Taureau continuerait après celui du Lion, de même qu'il commence auparavant, cette circonstance ne prouverait rien contre la communauté d'origine.

» Si l'on avait pu croire qu'on se trouverait dispensé, dans les années qui vont suivre, de continuer à observer l'essaim de novembre, ou, pour mieux dire désormais, les essaims de novembre, on se trouve détrompé. Et même il paraîtrait qu'il faudra, l'année prochaine, commencer les observations avant le 12.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de proposer une question pour le grand prix des Sciences mathématiques à décerner en 1874.

MM. Liouville, Bertrand, Chasles, Serret, Hermite réunissent la majorité des suffrages. Les Membres qui, après eux, ont obtenu le plus de voix, sont MM. Bonnet, Fizeau.

MÉMOIRES LUS.

M. Fua donne lecture d'une nouvelle Note relative aux explosions qui se produisent dans les mines de houille.

L'auteur propose de substituer à la pile de Bunsen, comme source d'électricité, dans le procédé qu'il a déjà soumis au jugement de l'Académie, la machine magnéto-électrique, qui, avec les moteurs puissants dont on dispose dans l'exploitation des mines, pourrait être mise en action sans qu'il en résultât un surcroît de dépense notable.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE. — *Du mouvement d'un point soumis à l'action d'une cause périodique et qui éprouve une résistance constante dirigée en sens inverse de la vitesse; par* **M. H. Resal.** (Extrait par l'auteur.)

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

« La marche d'une locomotive, supposée, pour plus de simplicité, libre sur rails, donne lieu, comme on le sait, à un mouvement de lacet dû à l'inertie des pièces à mouvement relatif alternatif.

» Lorsque l'on soumet la question à l'analyse, dans le cas où la machine est animée d'une translation rectiligne et uniforme, on arrive facilement aux équations qui définissent le lacet, en faisant abstraction du frottement de glissement auquel il donne lieu. Mais, si l'on veut faire intervenir cet élément, dont le rôle est important, eu égard au poids considérable de la machine, la question devient très-complexe, et, *à priori*, il est difficile de se rendre compte des effets qui se produisent.

» Dans ce qui suit, je me propose d'étudier ce point litigieux en ne considérant que l'une des causes périodiques qui donnent lieu au lacet, la plus importante, si l'on veut, par rapport à laquelle les autres pourront être considérées comme négligeables.

» Supposons que la machine se trouve sur une voie rectiligne, que s désigne l'angle que fait son plan méridien avec un plan vertical de direction fixe. Comme il s'agit d'un petit mouvement, le lacet sera défini par une équation de la forme

$$A\frac{d^2s}{dt^2} = B\cos(nt + c) \pm \delta,$$

A, B, n, c étant des constantes, de même que δ, qui représente le terme dû au frottement, et que l'on devra prendre avec le signe — ou le signe +, selon que la vitesse sera positive ou négative.

» Si l'on choisit convenablement l'origine du temps, on peut supposer $e=0$; et, en remplaçant nt par t, s par $s\frac{B}{A}r^2$, $\frac{\delta}{B}$ par γ, l'équation ci-dessus prend la forme simple

$$\frac{d^2s}{dt^2} = \cos t \pm \gamma.$$

» Par la nature de la question, il arrivera un moment où la vitesse sera nulle; si γ était supérieur à l'unité, le mouvement oscillatoire ne pourrait plus se continuer : nous laisserons de côté ce cas, qui n'offre aucun intérêt, et nous poserons $\gamma = \cos\alpha$; d'où

$$\frac{d^2s}{dt^2} = \cos t \pm \cos\alpha.$$

C'est cette équation qui est celle du mouvement d'un point qui parcourrait le chemin s, que j'ai discutée, et qui m'a conduit aux conséquences suivantes :

» 1° Au bout d'un certain temps dépendant des conditions initiales du mouvement, et qui sera d'autant plus long que α différera moins de 90 degrés, le mouvement devient périodique;

» 2° Au-dessous d'une certaine valeur α_1 de α comprise entre 50 et 60 degrés, deux oscillations qui se suivent sont identiques, mais sont séparées par un arrêt constant;

» 3° De α_1 à une autre valeur α_2 de α comprise entre 70 et 80 degrés, on a une série de groupes de deux oscillations consécutives non identiques; deux groupes successifs sont séparés par un arrêt constant;

» 4° Pour $\alpha > \alpha_2$, il se produit une série de déplacements identiques dans le même sens, séparés les uns des autres par des arrêts égaux : cet état ne peut généralement être atteint qu'au bout d'un temps très-long, qui seait infini pour $\alpha = 90°$.

» Ces différents résultats sont en désaccord complet avec le principe suivant, posé *à priori* par Laplace :

» *L'état d'un système de corps dans lequel les conditions initiales du mouvement ont disparu par suite des résistances développées dans le mouvement est périodique comme les forces qui sollicitent le système.*

» La périodicité telle qu'elle est comprise dans cet énoncé ne peut avoir lieu que si les résistances sont des fonctions impaires de la vitesse.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *De la vitesse du son dans les tuyaux sonores;* *par* **M. J. Bourget**. (Extrait par l'auteur.)

(Commissaires : MM. Duhamel, Bertrand, Combes, Regnault.)

« Dans une Note présentée le 8 mai dernier à l'Académie, j'ai montré que la résistance de l'air explique complétement les perturbations qu'on observe quand on fait vibrer les membranes élastiques. Cette résistance modifie l'équation différentielle du mouvement par l'addition au premier membre d'un terme proportionnel à la vitesse, et de cette simple modification on peut déduire par le calcul les lois observées.

» J'ai ajouté qu'une analyse semblable s'applique aux tuyaux sonores. Je me propose ici de développer cette assertion et de montrer qu'un changement rationnel apporté à l'équation différentielle conduit aussi très-simplement à l'explication de certaines anomalies observées.

» Dans l'étude habituelle du mouvement vibratoire de l'air, on néglige complétement les forces extérieures qui agiraient sur une molécule en dehors de la force élastique. On ne tient compte ni du frottement contre les parois, ni de la résistance du milieu ambiant au mouvement de la colonne d'air isolée dans le tube et en communication avec lui dans les tuyaux ouverts. Nous allons chercher l'influence de ces forces perturbatrices.

» Ces forces s'annulent lorsque la vitesse de la molécule devient nulle; nous pouvons donc admettre, dans une première approximation, que leur résultante est proportionnelle à la vitesse.

» Cela posé, appelons :

D la densité de l'air à l'état d'équilibre;

h la force élastique mesurée en hauteur de mercure, le mètre étant l'unité de longueur;

γ le rapport $\frac{c}{c'} = 1,41$ des chaleurs spécifiques;

Δ la densité du mercure;

ρ la densité variable de l'air pendant le mouvement;

s la condensation de l'air, c'est-à-dire une fonction telle, que $\rho = D(1+s)$;

φ la fonction dont les composantes u, v, w de la vitesse sont les dérivées;

V la fonction des forces, c'est-à-dire la fonction dont les composantes X, Y, Z de la force extérieure sont les dérivées;

g le nombre 9,8088.

» En nous reportant aux équations connues du mouvement des fluides aériformes (*Mécanique* de M. Duhamel, t. II, p. 290 et 313), nous avons

$$\frac{gh\gamma\Delta}{D}\mathcal{L}(1+\gamma)=V-\frac{d\varphi}{dt}-\frac{1}{2}\left[\left(\frac{d\varphi}{dx}\right)^2+\left(\frac{d\varphi}{dy}\right)^2+\left(\frac{d\varphi}{dz}\right)^2\right]$$

et

$$\frac{d\rho}{dt}+\frac{d(\rho u)}{dx}+\frac{d(\rho v)}{dy}+\frac{d(\rho w)}{dz}=0.$$

» Si nous posons

$$X=-m^2u=-m^2\frac{d\varphi}{dx},$$

$$Y=-m^2v=-m^2\frac{d\varphi}{dy},$$

$$Z=-m^2w=-m^2\frac{d\varphi}{dz},$$

nous aurons aussi

$$V=m^2\varphi,$$

m^2 étant une constante positive. De là nous déduisons

(1) $$\frac{d^2\varphi}{dt^2}+m^2\frac{d\varphi}{dt}=a^2\left[\frac{d^2\varphi}{dx^2}+\frac{d^2\varphi}{dy^2}+\frac{d^2\varphi}{dz^2}\right]$$

pour l'équation du mouvement vibratoire. La condensation est donnée par la formule

(2) $$s=-\frac{1}{a^2}\left[m^2\varphi+\frac{d\varphi}{dt}\right],$$

et l'on a

(3) $$a^2=\frac{gh\gamma\Delta}{D}.$$

» Si maintenant nous appliquons l'équation générale (1) à l'étude du mouvement vibratoire de l'air renfermé dans un tuyau ouvert de longueur l et de section faible, nous trouvons que le mouvement le plus général se compose de mouvements simples donnés par les formules

(4) $$\varphi=e^{-\frac{m^2t}{2}}\left(A\sin\frac{pt}{2}+B\cos\frac{pt}{2}\right)\sin\frac{i\pi x}{l},$$

(5) $$p^2=\frac{4a^2i^2\pi^2}{l^2}-m^4,$$

(6) $$u=\frac{i\pi}{l}e^{-\frac{m^2t}{2}}\left(A\sin\frac{pt}{2}+B\cos\frac{pt}{2}\right)\cos\frac{i\pi x}{l},$$

(7) $$-a^2s=\frac{m^2}{2}\varphi+\frac{p}{2}e^{-\frac{m^2t}{2}}\left(A\cos\frac{pt}{2}\ B\sin\frac{pt}{2}\right)\sin\frac{i\pi x}{t}.$$

» Nous déduisons de ces formules (6) et (7) que le mouvement est périodique, mais que l'amplitude du mouvement décroît à chaque instant, à cause du coefficient d'extinction m^2. Ce coefficient d'extinction n'entre pas dans les formules ordinaires, et l'on voit déjà que les nouvelles se rapprocheraient, par cette circonstance, du mouvement vibratoire réel, plus que celles dont on fait usage, quand bien même la correction proposée ne serait qu'empirique.

» Le temps ϖ d'une vibration est donné par $\varpi = \frac{4\pi}{p}$, donc le nombre $\mathfrak{N}_i$ des vibrations complètes est :

(8) $$\mathfrak{N}_i = \frac{p}{4\pi} = \sqrt{\frac{a^2 i^2}{4l^2} - \frac{m^4}{16\pi^2}}\ (^*).$$

» Désignons par n_i le *son* du tuyau théorique ; nous avons

(9) $$n_i = \frac{ai}{2l}.$$

Donc

(10) $$\mathfrak{N}_i^2 = n_i^2 - \frac{m^4}{16\pi^2} = n_i^2 - \varepsilon^2,$$

ε étant une quantité constante pour un même tuyau. Nous arrivons donc encore à la loi simple formulée dans notre note du 8 mai :

THÉORÈME I. — *Les carrés des nombres de vibrations des divers sons possibles d'un même tuyau sont diminués d'une quantité constante par suite des diverses causes perturbatrices.*

» Imaginons qu'un tuyau suive la loi de Bernoulli, nous aurons.

$$n_i = \frac{ai}{2l};$$

par suite,

(11) $$a = \frac{2n_i l}{i} \quad \text{ou} \quad a = 2nl,$$

en désignant par n le son fondamental.

» Mais dans l'impossibilité d'observer n_i nous nous servons du nombre $\mathfrak{N}_i$ trouvé par expérience ; nous avons alors

(12) $$a' = \frac{2\mathfrak{N}_i l}{i} \quad \text{ou} \quad a' = 2\mathfrak{N} l,$$

(*) M. Duhamel a trouvé une formule analogue pour le mouvement d'une corde troublée par un courant continu de fluide (*Comptes rendus*, t. LVI).

mais $\mathfrak{N}_i < n_i$, donc :

» Théorème II. — *La vitesse du son, déduite du son fondamental d'un tuyau sonore, est toujours moindre que la vitesse de l'air libre.*

» Si au lieu de partir du son fondamental, nous partons d'un harmonique, nous remarquerons qu'en vertu de la formule (8), l'on a

$$\frac{\mathfrak{N}_i}{i} > \mathfrak{N},$$

donc :

» Théorème III. — *La vitesse du son déduite d'un harmonique d'un tuyau se rapproche d'autant plus de la vitesse réelle que l'harmonique dont on part est plus élevé.*

» On déduit de la formule (10) et des formules (11) et (12) l'équation

$$(13) \qquad \frac{a^2}{a'^2} = 1 + \frac{\varepsilon^2}{\mathfrak{N}_i^2},$$

ε^2 étant une constante pour un même tuyau; donc :

» Théorème IV. — *L'excès sur l'unité du rapport des carrés de la vitesse réelle et de la vitesse calculée par un son $\mathfrak{N}_i$ est en raison inverse du carré du nombre des vibrations $\mathfrak{N}_i$ pour un même tuyau.*

» Rapportons tous les harmoniques au son fondamental, nous aurons

$$(14) \qquad \frac{\mathfrak{N}_i}{\mathfrak{N}} = \sqrt{\frac{\left(\frac{n_i}{n}\right)^2 - \delta^2}{1 - \delta^2}},$$

δ^2 étant une constante pour un même tuyau. Cette formule montre que l'intervalle d'un harmonique rendu au son fondamental est toujours plus grand que l'intervalle $\frac{n_i}{n}$ donné par la loi de Bernoulli; on en déduit le théorème suivant :

» Théorème V. — *Si l'on calcule au moyen d'un harmonique et en s'appuyant sur la loi de Bernoulli le son fondamental d'un tuyau sonore, on obtient un son fondamental d'autant plus aigu que le son d'où on l'a déduit est plus élevé dans la série des harmoniques.*

» C'est la proposition énoncée et démontrée par Wertheim (*). »

(*) *Mémoire sur la vitesse du son dans les liquides* (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXIII, p. 14).

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Note relative à la non-symétrie des courbes terminales du spiral des chronomètres; par* **M. C. Rozé.**

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

« Le nouveau théorème de M. Phillips (1), sur le spiral réglant des chronomètre, démontre que, conformément à l'opinion énoncée par M. Grossmann et vérifiée expérimentalement par M. Kaurup, le spiral peut être terminé par deux courbes théoriques, non symétriques, sans cesser de jouir des remarquables propriétés établies dans le Mémoire de M. Phillips sur le spiral réglant.

» Je suis depuis longtemps arrivé, théoriquement et pratiquement, à cette conclusion d'une grande importance pratique, et je l'ai communiquée à différentes personnes, notamment à MM. Grossmann et Kaurup, chez ce dernier en septembre 1869, lors de mon voyage au Locle. J'en appelle volontiers aux souvenirs de ces artistes, avec lesquels je me suis longuement entretenu, à diverses occasions, des avantages qui doivent résulter de l'application des théories de M. Phillips.

» Sans entrer ici dans tous les détails que comporte ce sujet, je dirai seulement que, jusqu'à présent, les spiraux trempés, entièrement cylindriques, sont courbés après le revenu, et que cette manière d'opérer, qui altère profondément l'homogénéité, est une cause de difficultés et d'imperfections dans le réglage des chronomètres. Des tentatives faites, notamment par mon père et par moi, à l'occasion des expériences réalisées pour M. Phillips, dans le but d'arriver à tremper les spiraux tout courbés, nous avons pu conclure que cette opération ne deviendrait réellement pratique que lorsque les courbes seront telles, que le manchon à tremper pourra être fait d'une seule pièce ou à peu près.

» Dans cet ordre d'idées, j'ai cherché et trouvé une courbe théorique dont tous les points sont extérieurs à la partie cylindrique du spiral. Ce nouveau type se compose de deux demi-circonférences, de même rayon que les spires, un peu écartées et réunies par deux portions rectilignes, égales et parallèles à la distance des centres. Pour qu'il satisfasse aux conditions imposées, d'après la théorie de M. Phillips, aux courbes terminales, il suffit que la distance des centres soit égale à

$$x = \frac{r}{2}\left(\sqrt{\pi^2 + 4} - \pi\right) = 0{,}2915 . r.$$

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 1131; 1871.

» De cette façon, le spiral théorique est aisément réalisable et jouit en outre de qualités sur lesquelles je ne m'arrêterai pas ici. Mais la solution est encore plus complète lorsque, conservant ce type pour l'une des extrémités, on termine l'autre par une courbe théorique intérieure. J'ai été conduit ainsi à démontrer que le spiral jouit encore des mêmes propriétés lorsqu'il est terminé par deux courbes théoriques non symétriques.

» J'ai trouvé une démonstration très-simple de ce fait, que j'extrais d'un Mémoire rédigé en 1869, et encore inédit, sur le système régulateur des chronomètres.

» Pour que le spiral soit isochrone, il faut que l'on ait

$$Yx_1 - Xy_1 = 0,$$

Y et X étant les composantes de l'effort exercé par le spiral sur l'axe du système, et x_1 et y_1 les coordonnées de son centre de gravité.

» M. Phillips démontre que, si les composantes Y et X sont nulles, le spiral se déformera uniformément, c'est-à-dire suivant la loi

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} = \frac{\alpha}{L},$$

R_0 et R étant les rayons de courbure correspondant à un même point du spiral et aux valeurs zéro et α de l'angle d'écart, L étant la longueur du spiral; et réciproquement.

» Puis M. Phillips déduit la forme des courbes terminales de cette condition, que, la déformation ayant lieu suivant la loi exprimée plus haut, le centre des spires reste sur l'axe, et il montre en outre que le spiral qu'elles terminent a son centre de gravité sur l'axe, de sorte que l'on a

$$x_1 = 0, \quad y_1 = 0.$$

» Pour généraliser ces résultats au cas de deux courbes non symétriques nous suivrons le même ordre; nous montrerons d'abord que le spiral se déforme avec la même approximation suivant la loi exprimée par

$$\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} = \frac{\alpha}{L},$$

et ensuite que son centre de gravité est encore situé sur l'axe de rotation.

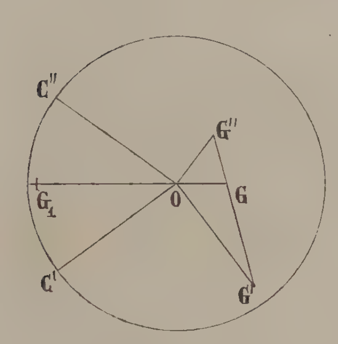
» Imaginons deux spiraux de même longueur totale, de même diamètre, formés avec le même fil et terminés chacun par deux courbes symétriques appartenant à des types différents et quelconques.

» Chacun de ces spiraux se déformera suivant la loi indiquée, et comme

le rayon initial des spires ρ_0 et la longueur L sont identiques, pour une même valeur de α, le rayon des spires ρ aura la même valeur pour chacun d'eux; on en conclut immédiatement que l'on pourrait, sans rien changer à l'état d'équilibre du système, substituer, à un instant quelconque, une certaine longueur comptée à partir de l'extrémité de l'un à une longueur égale de l'autre, aussi comptée à partir de l'extrémité, à la seule condition que les points raccordés appartiennent aux parties cylindriques. Le spiral ainsi formé aurait deux courbes dissymétriques et se déformerait naturellement suivant la loi imposée, c'est-à-dire uniformément; ce qui démontre le premier point.

» Nous avons maintenant à montrer que le centre de gravité du spiral est bien situé sur l'axe pour $\alpha = 0$.

» Soit en projection, O l'axe du système, C′ et C″ les limites des spires, G′ et G″ les centres de gravité de chacune des courbes, situés, comme on sait, sur des rayons OG′, OG″ respectivement perpendiculaires à OC′ et OC″.



» La partie du spiral comprise entre les deux spires extrêmes limitées à une même génératrice, passant par C′ ou C″, a évidemment son centre sur l'axe; tout revient donc à démontrer que le centre de gravité de l'arc C′C″ et des deux courbes est aussi sur l'axe. Si l' et l'' sont les longueurs des deux courbes, on doit avoir, puisqu'elles sont théoriques,

$$OG' = \frac{\rho_0^2}{l'}, \quad OG'' = \frac{\rho_0^2}{l''}, \quad \text{d'où} \quad \frac{OG'}{OG''} = \frac{l''}{l'}.$$

» D'ailleurs le centre de gravité G de l'ensemble des deux courbes est déterminé par la relation

$$\frac{GG'}{GG''} = \frac{l''}{l'} = \frac{OG'}{OG''};$$

donc, d'abord le centre de gravité G est sur la bissectrice de l'angle en O, et par suite sur le même diamètre que celui de l'arc C′C″. D'autre part, les moments par rapport au point O sont évidemment égaux, car on a, pour l'arc C′C″,

$$2\rho_0^2 \sin\frac{C'OC''}{2},$$

et pour les deux courbes,

$$(OG' \times l' + OG'' \times l'')\cos GOG',$$

expressions qui deviennent identiques, lorsque l'on a égard aux relations précédentes.

» Le centre de gravité du spiral est donc bien situé sur l'axe à l'origine.

» On voit que le spiral jouit encore et au même degré des propriétés établies dans le Mémoire de M. Phillips, lorsque ses courbes terminales appartiennent à des types théoriques différents. »

HYDRODYNAMIQUE. — *Théorie des ondes et des remous qui se propagent le long d'un canal rectangulaire horizontal, en communiquant au liquide contenu dans ce canal des vitesses sensiblement pareilles de la surface au fond.* Mémoire de **M. J. Boussinesq**, présenté par M. de Saint-Venant (Extrait par l'auteur).

(Commissaires : MM. Liouville, de Saint-Venant, Phillips.)

« Ce Mémoire est consacré à déduire, des formules non linéaires et jusqu'à présent si rebelles de l'hydrodynamique, l'explication à peu près complète des phénomènes intéressants et nombreux qui font l'objet de la deuxième partie des *Recherches hydrauliques* de MM. Darcy et Bazin (*Savants étrangers*, t. XIX, ou *Rapport* de M. Clapeyron aux *Comptes rendus*, 10 août 1863). Il contient le développement des idées déjà résumées dans deux articles des *Comptes rendus* (t. LXXII, p. 755, 19 juin 1871, et t. LXXIII, p. 256, 24 juillet 1871), avec d'autres résultats également nouveaux, relatifs sur tout à deux éléments qui restent invariables aux diverses époques du mouvement de chaque onde, en outre de son volume, et qui servent ainsi à caractériser les diverses intumescences.

» Le premier de ces éléments est l'*énergie* d'une onde, c'est-à-dire le travail qu'elle produirait en vertu de la pesanteur de ses parties si toute la masse liquide était réduite instantanément en repos : son expression, par unité de largeur du canal, s'obtient en imaginant des sections normales qui divisent en parties infiniment petites l'intumescence, c'est-à-dire le volume compris entre la surface libre actuelle et la surface libre primitive, et compté positivement ou négativement suivant qu'il est au-dessus ou au-dessous de cette surface, puis en multipliant, par le poids de l'unité de volume du liquide, l'intégrale dont les divers éléments sont les produits de la distance de deux consécutives de ces sections par le carré de la hauteur correspondante de l'intumescence. Cette intégrale étant invariable, il en est, par suite, de même de son rapport au double du volume total de l'intumescence, rapport qui n'est autre chose que la hauteur du centre de

gravité de l'onde au-dessus de la surface libre primitive. Le centre de gravité d'une onde se maintient donc sans cesse au même niveau, et n'est animé que d'un simple mouvement uniforme de translation le long du canal : d'après une des formules de l'article du 24 juillet, le carré de sa célérité de propagation est égal au produit du nombre $g = 9^{\mathrm{m}},809$ par la somme de la profondeur primitive et du triple de la hauteur de ce même centre au-dessus de la surface libre initiale.

» La seconde des quantités constantes dont il s'agit est l'intégrale qui a pour élément le produit de la distance de deux sections normales voisines par le carré de l'angle que la surface libre actuelle y fait avec la surface libre primitive, carré diminué de trois fois le cube du rapport de la hauteur correspondante de l'intumescence à la profondeur primitive. M. Boussinesq appelle cette quantité *moment d'instabilité* de l'onde, parce qu'elle est d'autant plus grande, pour une intumescence d'une énergie donnée, que cette intumescence, d'un instant à l'autre, change de forme plus rapidement et dans des limites plus étendues. De toutes les ondes de même énergie, celle de Scott Russell, ou *onde solitaire*, dont le profil est une courbe transcendante parfaitement définie, a le moment d'instabilité le plus petit, et c'est la seule dont la forme soit permanente, c'est-à-dire qui se propage sans se déformer. Lorsque la coupe longitudinale d'une intumescence ne diffère pas beaucoup, à un instant donné, de celle de l'onde solitaire de même énergie, le moment d'instabilité qu'elle possède est peu supérieur à sa valeur minimum, et le profil qu'elle affecte oscille sans cesse autour de celui d'une onde solitaire, sans pouvoir jamais s'en écarter beaucoup. Ou plutôt, les frottements intérieurs du fluide, négligés dans cette analyse, et dont l'action est très-sensible au commencement du mouvement, réduisent de plus en plus ces oscillations, et ne tardent pas à changer l'intumescence en une onde solitaire, tout comme ils ramènent à leurs positions d'équilibre stable un système de points matériels qu'on n'en a pas trop écartés. On conçoit même, vu la stabilité de cette forme et l'impossibilité pour une onde d'en atteindre aucune autre qui soit permanente, stable ou même instable, que ce phénomène se produise pour toutes les intumescences susceptibles de former une onde solitaire, c'est-à-dire pour toutes celles dont le volume est positif et modéré.

» Le profil longitudinal de la surface libre d'une onde solitaire mérite d'être étudié, même au seul point de vue géométrique. La courbe qu'il affecte est caractérisée par une propriété remarquable : le produit de la perpendiculaire abaissée d'un quelconque de ses points sur son asymptote par

le cube de la profondeur primitive, est égal aux trois quarts du produit des deux parties en lesquelles cette perpendiculaire divise l'aire comprise entre la courbe et son asymptote. Le centre de gravité de cette même aire est au tiers de la plus grande hauteur, comme dans le triangle; d'où il résulte que le carré de la vitesse de propagation, égal, ainsi qu'il vient d'être dit, au produit du nombre g par la profondeur primitive augmentée de trois fois cette hauteur, vaudra précisément le produit du même nombre g par la distance qu'il y a du sommet de l'onde au fond du canal : ce qui est la loi expérimentale de Scott Russell. Enfin la hauteur de l'onde est les trois seizièmes du carré de son volume par unité de largeur de son canal, divisés par le cube de la profondeur primitive; d'où il suit qu'une onde propagée le long d'un canal de profondeur lentement décroissante, augmente sans cesse de hauteur, aux dépens de sa base qui se raccourcit; et elle finit ainsi par être instable et par déferler. »

« M. **Larrey** présente, de la part de M. le professeur *Coze*, de Strasbourg, une Note relative à la fragmentation des balles et à leur fusion probable, dans les plaies d'armes à feu. Dans cette Note, datée du 28 octobre, l'auteur cite trois observations cliniques à l'appui de son opinion, et formule, en terminant, les conclusions suivantes :

« 1° Les balles, lorsqu'elles sont brusquement arrêtées par un corps » dur, os, pièce de monnaie, etc., peuvent se fragmenter, se morceler » dans des proportions telles, que les blessés et les médecins même ont » pu croire quelquefois à l'emploi de balles explosibles, proscrites entre » nations civilisées;

» 2° Ce morcellement, cette fragmentation peut s'expliquer par la fusion » probable du métal qui, brusquement arrêté, transforme en chaleur le » mouvement dont il est animé. »

» Des faits analogues ont été consignés, presque en même temps, dans la *Gazette médicale de Strasbourg* du 15 octobre, d'après un travail récent sur les plaies d'armes à feu par un médecin allemand, le Dr Mühlhauser.

» La vérification de ces faits reste à faire par des expériences, ajoute M. Larrey, pour mettre fin surtout à la supposition ou à l'accusation de l'emploi de balles explosibles. »

(Commissaires : MM. Morin, Combes, Phillips, Larrey, Dupuy de Lôme.)

M. **Crussard** adresse une troisième Note concernant un procédé pour réduire la consommation du combustible, dans la navigation à vapeur, par

l'emploi combiné de la vapeur et de la pression atmosphérique comme force motrice.

(Renvoi à la Section de Géographie et de Navigation.)

M. **Trouyet** adresse, de Beyrouth, un Mémoire concernant divers procédés de destruction du *Phylloxera vastatrix*.

(Renvoi à la Commission nommée.)

M. **Rabache** adresse une Note relative aux phénomènes astronomiques en général, et spécialement à ceux que présentent les comètes.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

M. **Brachet** adresse une nouvelle Note, relative à l'éclairage par la lumière électrique et par la combustion du magnésium dans l'oxygène.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

M. É. **Pontisserbaut** adresse une Note concernant l'application du moteur Lenoir à la direction des aérostats.

(Renvoi à la Commission des aérostats.)

CORRESPONDANCE.

PHYSIQUE. — *Vibrations transversales des fils et des lames minces.* Note de M. E. **Gripon**, présentée par M. Jamin.

« Des fils métalliques ou des lames minces fixés à la branche d'un diapason, et ayant une extrémité libre, vibrent par communication à la manière des verges et à l'unisson du diapason. De même que dans les expériences faites par Melde sur les fils tendus, on distingue sur ces petites verges un certain nombre de fuseaux séparés par des nœuds. On peut trouver par l'analyse les équations du mouvement du fil, considéré soit comme une corde, soit comme une verge. Les résultats du calcul sont complétement vérifiés par l'expérience.

» Le nombre des nœuds varie avec la longueur de la verge; les distances de chacun de ces nœuds à l'extrémité libre, sont indépendants de cette longueur. Les distances relatives des nœuds sont exactement les mêmes que sur une verge fixée à l'une de ses extrémités et libre à l'autre; à une

exception près, c'est que l'extrémité fixée au diapason n'est plus toujours un nœud, mais se trouve, à une distance du nœud le plus voisin, variable avec la longueur. En général, la verge ne vibre pas, ou vibre d'une façon irrégulière, lorsque le nœud doit, théoriquement, se former au point d'attache de la verge avec le diapason.

» Les distances normales de deux nœuds consécutifs sont inversement proportionnelles aux racines carrées des nombres de vibrations des diapasons que l'on emploie, et, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelles aux racines carrées des épaisseurs des verges. L'accord de la théorie avec l'expérience est assez complet pour qu'on puisse déterminer la vitesse du son dans la verge employée, en mesurant la distance normale de deux nœuds consécutifs, l'épaisseur de la verge et le nombre des vibrations du diapason.

» Cette méthode, très-simple, conduit, pour les métaux usuels, aux nombres déjà trouvés par Wertheim et Masson. Elle s'applique parfaitement au cas où l'on aurait des corps très-flexibles, comme du papier; dans ces cas, les méthodes ordinaires sont en défaut. On peut constater par de telles expériences, les variations que l'humidité apporte dans l'élasticité des corps hygrométriques, tels que le papier.

» Les lois des cordes vibrantes se vérifient sur les fils métalliques très-fins, excepté lorsque la tension de ces fils n'est plus que de quelques grammes.

» Dans toutes ces expériences, qu'il s'agisse des cordes ou des verges, la position des nœuds n'est pas rigoureusement fixe; les nœuds, et surtout ceux qui sont voisins du diapason, se déplacent pendant le mouvement; ils s'éloignent du diapason à mesure que l'amplitude des vibrations diminue.

» Les verges libres ou les fils faiblement tendus présentent une autre anomalie. Lorsque les vibrations ont très-peu d'amplitude, les fils prennent le mode de division qui est indiqué par la théorie, et le point d'attache n'est pas un nœud. Mais, si l'on fait vibrer le diapason de plus en plus fortement, le nombre des nœuds décroît; ainsi, au lieu de quatre nœuds, on n'en observe plus que trois, deux ou un, ou même pas du tout. Le point d'attache du fil au diapason est alors la place d'un nœud, et le fil est divisé par les nœuds en parties égales. Des verges libres présentent aussi, suivant l'attaque, un nombre variable de nœuds qui suivent dans leurs dispositions les lois ordinaires.

» Le fil ne cesse pas de vibrer dans tous les cas à l'unisson du diapason ou, du moins, on n'entend aucun son étranger à celui de l'instrument.

Il y a là une anomalie dont la théorie ne semble pas rendre compte et qui tient peut-être à ce que l'on établit l'équation différentielle du mouvement du fil en supposant infiniment petites les amplitudes des vibrations. »

PHYSIQUE. — *Sur un phénomène nouveau de phosphorescence produite par l'électricité de frottement.* Note de **M. Alvergniat**, présentée par M. Jamin.

« Nous faisons le vide, par la machine pneumatique à mercure, dans des tubes de verre droits de 45 centimètres de longueur; nous y introduisons ensuite une petite quantité de chlorure ou de bromure de silicium, et nous continuons le vide jusqu'à réduire la pression à 12 ou 15 millimètres, après quoi nous fermons le tube à la lampe.

» Si l'on vient ensuite à frotter entre les doigts ou avec une étoffe de soie les parois du tube ainsi préparé, on voit une vive lueur se promener dans le tube et suivre le mouvement du frotteur; elle est rosée avec le chlorure, et jaune-verdâtre avec le bromure de silicium. Elle rappelle celle qui a été observée depuis longtemps dans le baromètre, mais elle est plus vive.

» Nous ferons remarquer que si l'on essaie de faire passer l'étincelle de la bobine d'induction dans ces tubes, elle n'y développe aucune lueur, à moins que le vide n'y soit plus parfait; mais alors la phosphorescence par le frottement disparaît.

» Nous devons des remercîments à M. Friedel, qui a bien voulu préparer pour nous, à l'état de pureté, les substances qui nous ont donné ce résultat. »

THERMOCHIMIE. — *Sur la formation des précipités* (fin); Note de **M. Berthelot**.

IV. — *Changements dans l'état d'agrégation.*

« **1.** Les précipités sont amorphes et tenus dans les premiers moments; puis les particules s'agrégent en masses de plus en plus cohérentes, c'est-à-dire mieux débarrassées de l'eau mère interposée, parfois même plus denses; elles finissent d'ordinaire par se disposer en cristaux. Ces changements successifs peuvent être observés sous le microscope, et ils sont traduits par le thermomètre, toutes les fois qu'ils ne sont pas trop lents. Leur signe thermique est le même que celui de la solidification, mais contraire à celui des déshydratations et décompositions simultanées. Voici quelques-uns des faits.

» **2.** *Carbonate de strontiane* : $SrCl(1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}}) + CO^3K(1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}})$. —

Deux actions se succèdent, de signe contraire : 1° formation d'un précipité amorphe, avec absorption de chaleur, — 0,40 ; comme avec CO^3Ca ;

» 2° Le précipité cristallise, en développant une quantité de chaleur égale ou supérieure à la précédente, + 0,40 à + 0,56. Je tire de là :

CO^2 (dissous) + SrO (dissoute) = CO^3Sr amorphe + 9,9; cristallisé....... + 10,5

» 3. *Carbonate de baryte.* — J'ai observé :

BaCl + CO^3K ; 1re action, environ + 0,66; 2e action, + 0,19; en tout.... + 0,85

BaCl + CO^3Na ; 1re action, environ + 0,48; 2e action, + 0,24; en tout... + 0,72

» La démarcation entre les deux actions est bien moins tranchée qu'avec la strontiane. Je tire de là :

CO^2 dissous + BaO dissoute = CO^3Ba.............................. + 11,2

» J'ai trouvé, par expérience directe : + 11,1.

» 4. *Carbonate de plomb.* — Plusieurs effets se succèdent; leur constatation est très-intéressante, quoique leurs limites soient très-difficiles à distinguer. — AzO^6Pb ($1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}}$) versé dans CO^3Na ($1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}}$) : précipité immédiat. Au bout du temps strictement nécessaire pour constater la température avec les instruments employés (10 à 12 secondes), il s'est dégagé + 0^{cal},40. Mais le thermomètre monte rapidement; au bout de 1 $\frac{1}{2}$ minute, ralentissement très-marqué, la chaleur totale dégagée étant + 2,11. Après cinq minutes, le maximum est atteint; il répond à un dégagement total de + 2,52, avec cristallisation.

AzO^6Pb + CO^3K ; 1re et 2e phases, + 2,38; 3e phase (chaleur totale).... + 2,86;

d'où CO^2 dissous + PbO (hydraté)............. = CO^3Pb

1er état, + 4,5; 2e état, + 6,3; 3e état..... + 6,7.

Résultats analogues, se succédant plus rapidement, avec l'acétate de plomb.

» Ces chiffres montrent quelles variations subit la constitution d'un corps insoluble, à partir du premier instant de sa précipitation. Observons encore que l'écart thermique entre l'azotate et le carbonate de plomb, presque égal à l'écart entre l'azotate et le carbonate de soude (+ 3,2 au lieu de 3,5) au début de la réaction, va en diminuant jusqu'à + 1,0 à mesure que le précipité se condense davantage.

» 5. *Carbonate d'argent.* — Remarques analogues; seulement les effets thermiques répondent à des états amorphes, et ils se succèdent trop vite pour être séparés.

AzO^6Ag ($1^{équiv} = 2^{lit}$) versé dans CO^3K ($1^{équiv} = 2^{lit}$); 1er effet, inférieur à $+ 4,0$; effet total.. $+ 5,48$

» Avec des solutions plus étendues, la chaleur dégagée augmente un peu. On tire de là (1) :

CO^2 dissous $+$ AgO hydraté $= CO^3Ag$ dégage.............................. $+ 6,9$

valeur remarquable, car *elle surpasse la chaleur de formation de l'azotate d'argent*. L'écart thermique entre le carbonate et l'azotate est de signe contraire aux autres sels alcalins et métalliques, ce qui accuse une condensation croissante des précipités. J'ai cru devoir vérifier ce résultat en faisant agir l'acide azotique dilué sur le carbonate d'argent obtenu dans l'expérience ci-dessus et lavé par décantation; j'ai opéré en présence d'une quantité d'eau suffisante pour maintenir l'acide carbonique entièrement dissous. Le carbonate d'argent s'est dissous aussitôt, sans dégagement de gaz et avec absorption de $- 1,20$. Les chiffres ci-dessus indiquent $- 1,70$; mais ils se rapportent à des liqueurs plus concentrées. En tout cas, l'inégalité signalée se trouve confirmée; elle prouve que l'accroissement de cohésion du carbonate d'argent, traduit par une plus grande chaleur de formation, ne suffit pas pour changer le sens de la réaction exercée par l'acide azotique sur les carbonates.

» Je ne suis pas éloigné d'attribuer cette absorption de chaleur anormale à la cause suivante : Le déplacement d'un acide dans un sel par un autre acide dissous donne en général naissance à un acide hydraté, tandis que l'acide carbonique dégagé des carbonates est anhydre; sa formation représente deux actions successives, savoir : la substitution équivalente d'un acide hydraté à un autre acide hydraté, et la séparation entre ce dernier et les éléments de l'eau : la première action dégage d'ordinaire de la chaleur, tandis que la deuxième en absorbe. L'existence momentanée d'une portion de l'acide carbonique sous forme d'hydrate instable, dans ses dissolutions, serait d'ailleurs conforme à certains effets bien connus de retard dans son dégagement au sein des eaux gazeuses, effets attribués d'ordinaire à l'inertie moléculaire.

» 6. *Oxalates*. — La précipitation des oxalates terreux et métalliques, sels insolubles, pour la plupart cristallisés, dégage beaucoup de chaleur. On en jugera par les valeurs suivantes, que j'ai déterminées (sauf les deux

(1) $AzO^6Ag + KO$ dégage........... $+ 8,66$
donc $AzO^6H + AgO$ (hydraté)........ $+ 5.17$.

premières) par la méthode des doubles décompositions entre sels neutres (1) :

Acide oxalique	+ KO	dissoute	+ 14,26	surpasse l'azotate de...	+ 0,43
»	+ NaO	»	+ 14,32	» ...	+ 0,60
»	+ AzH^3	»	+ 12,66	» ...	+ 0,10
»	+ CaO	»	+ 18,52	» ...	+ 4,6
»	+ SrO	»	+ 17,59	» ...	+ 3,7
»	+ BaO	»	+ 16,72	» ...	+ 2,7

» La formation de l'oxalate de chaux dégage autant de chaleur que celle du sulfate de baryte, et surpasse de + 2,5 celle du sulfate de chaux. Au contraire, le sulfate de baryte l'emporte sur l'oxalate de baryte de + 1,7. Mais ces corps ne sont pas strictement comparables, le sulfate de baryte étant amorphe et probablement anhydre, tandis que les oxalates sont cristallisés et hydratés.

Acide oxalique	+ MnO	hydraté	+ 14,29	surpasse l'azotate de...	+ 2,8
»	+ ZnO	»	+ 12,51	» ...	+ 2,6
»	+ PbO	»	+ 12,76	» ...	+ 5,1
»	+ AgO (2)	»	+ 12,90	» ...	+ 7,7

» Les chiffres de la dernière colonne montrent que la condensation des oxalates métalliques va croissant, du zinc et du manganèse au plomb et à l'argent, relation analogue à celle que j'ai signalée pour les carbonates.

» En résumé, plusieurs effets attestés par les phénomènes thermiques, et qu'il est nécessaire de discuter dans la statique chimique, se succèdent pendant les doubles décompositions salines :

---

(1)

$\frac{1}{2}C^4K^2O^8$	($1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}}$)	+ CaCl	($1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}}$) dégage.....	+ 4,00
»	»	+ SrCl	» »	+ 3,09
$\frac{1}{2}C^4Am^2O^8$	»	+ BaCl	» »	+ 2,62
$\frac{1}{2}C^4K^2O^8$	»	+ MnCl	» »	+ 2,13

Ce mélange reste d'abord liquide, sans variation sensible de température; puis le précipité se forme en cristallisant. De même pour l'oxalate de zinc :

$\frac{1}{2}C^4K^2O^8$	($1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}}$)	+ SO^4Zn	($1^{\text{équiv}} = 2^{\text{lit}}$) dégage...	+ 2,26
»	»	+ AzO^6Pb	» » ...	+ 4,66
»	»	+ AzO^6Ag	» » ...	+ 7,30

Je me suis servi dans les calculs des chiffres obtenus par M. Thomsen pour la formation des chlorures de strontium, de manganèse, du sulfate de zinc et de l'azotate de plomb.

(2) En traitant l'oxalate d'argent par HCl, je l'ai changé en chlorure, avec dégagement de + 7,92. D'où je déduis : AgO + HCl dégage + 20,82.

» Au moment du mélange des dissolutions, il se produit un certain équilibre entre l'eau, les sels primitifs et les sels de nouvelle formation, solubles ou insolubles. Cet équilibre est bien distinct du pêle-mêle entre les acides et les bases que l'on a supposé quelquefois : c'est un état parfaitement défini, réglé par les proportions relatives de l'eau et des sels, et tout à fait comparable à l'équilibre des réactions éthérées. Il est déterminé et tend à être maintenu par l'influence de certaines actions contraires, toujours prêtes à entrer en jeu et à renverser les décompositions, pour peu qu'on modifie les proportions relatives des corps mis en présence.

» Un tel état subsiste, lorsque le système reste homogène par suite de la formation exclusive de composés solubles. Mais les sels insolubles se comportent différemment : ils ne demeurent pas dans leur constitution première, de façon à pouvoir reproduire l'équilibre initial, qu'ils sembleraient devoir régénérer toutes les fois qu'on les remet en suspension dans la liqueur par une agitation convenable. Loin de là : ils éprouvent presque aussitôt de nouveaux changements, les uns chimiques, tels que la déshydratation, la séparation entre les acides et les bases, peut-être même la polymérisation ou condensation atomique; les autres physiques, tels que la cristallisation et la formation de masses plus compactes et plus agrégées.

» Ces changements se produisent après coup : d'où il suit que la formation primitive du précipité ne saurait être expliquée par la densité et la cohésion finale, constatées sur le corps isolé et desséché.

» L'état final du précipité a cependant un rôle essentiel, car il trouble le jeu réciproque des actions contraires qui ont produit l'équilibre initial et qui tendent à le maintenir; certains des corps entre lesquels cet équilibre avait lieu d'abord ayant changé d'état, ne peuvent plus y être ramenés sans le concours de travaux spéciaux, qu'une simple modification dans les proportions relatives ne suffit pas à rendre possibles. La chaleur dégagée ne mesure la grandeur de ces travaux que s'ils sont tous de même sens. En général, ils permettent à la réaction de se développer dans un sens exclusif, jusqu'à l'élimination totale de l'un des composants. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la transformation des matières albuminoïdes en urée par l'hypermanganate de potasse.* Note de M. E. Ritter, présentée par M. Wurtz.

« Les expériences de M. Béchamp concernant la production de l'urée par l'oxydation des matières albuminoïdes au moyen du permanganate de

potasse ont trouvé des contradicteurs. Récemment encore elles ont été contestées par M. O. Loew (*Journal für praktische Chemie*, nouv. série, t. II). Cette contradiction est sans fondement. J'ai réussi, en effet, à transformer l'albumine, la fibrine et le gluten en urée, en suivant à la lettre le nouveau procédé indiqué par M. Béchamp. Les rendements obtenus sont les suivants : 30 grammes d'albumine ont fourni $0^{gr},09$ d'urée; la fibrine n'en a produit que $0^{gr},07$; Le gluten au contraire en fournit trois fois plus environ : $0^{gr},29$; $0^{gr},31$; $0^{gr},21$. Il y a dans l'opération un temps qu'il faut bien surveiller; la réaction, d'abord très-lente, s'active, et la masse s'échauffe; si en ce moment on ne retire pas du bain-marie, et même si l'on ne refroidit pas quelquefois, le dégagement de gaz devient tumultueux et l'opération échoue. Avec le gluten, j'ai obtenu à côté de l'urée un autre produit cristallisé dont je poursuis l'étude ».

ANTHROPOLOGIE. — *Habitations lacustres du midi de la France (région pyrénéenne).* Note de **M. F. Garrigou**, présentée par M. de Quatrefages.

« Dans la région ouest de la chaîne des Pyrénées, dans toute la partie comprise entre Salies de Béarn, Dax et Bayonne, on peut suivre une série de côteaux, en général formés par des ondulations du crétacé supérieur, moyen et inférieur, couronnées par un dépôt alluvien exclusivement composé d'alternances de cailloux roulés quartzeux et d'argiles rougeâtres, que mes recherches me permettent aujourd'hui de ranger stratigraphiquement et paléontologiquement dans le terrain pliocène. La plupart des bas-fonds produits par ces ondulations sont actuellement remplis par des couches de tourbes, que leur surface horizontale permet, de prime abord, de reconnaître pour autant d'emplacements d'anciens lacs maintenant desséchés. L'étendue de ces tourbières est souvent très-considérable; il y en a qui occupent des surfaces de plusieurs dizaines d'hectares. J'en ai reconnu quarante-cinq environ tout autour de Salies de Béarn. Elles portent toutes le nom de *barthes*.

» Dans la barthe Claverie, auprès de Saint-Dos (Basses-Pyrénées), j'ai fait mettre à nu une surface labourée et dans laquelle on a enlevé la terre et la tourbe jusqu'à une profondeur moyenne de 80 centimètres. A ce niveau existait un véritable plancher formé de larges éclats de troncs d'arbres simulant des planches grossières; ces planches elles-mêmes reposaient soit sur des pieux enfoncés verticalement jusqu'à une profondeur de plusieurs mètres, soit sur des poutres grossièrement équarries d'une longueur

de 3 à 8 mètres, et souvent de 40 à 50 centimètres de large, reposant elles-mêmes sur des piquets fourchus. Les points de jonction de ces diverses pièces de bois étaient forts curieux : sur un piquet reposaient quelquefois les extrémités de trois et quatre planches reliées entre elles, suivant toute probabilité, par des parties noueuses et en forme de doubles crocs enlevées aux racines des arbres. Ces débris abondent souvent aux points de jonction. Souvent aussi, j'ai vu les pieux terminés à la partie supérieure par des nodosités naturelles plus ou moins anguleuses et contournées, recevant dans ces anfractuosités les extrémités des planches.

» Les pieux atteignent quelquefois 2 à 4 mètres de hauteur. Ils sont formés, dans certains cas, par des troncs d'arbres parfaitement appointis à l'une de leurs extrémités; dans d'autres cas par des troncs d'arbres éclatés en forme de bec de flûte très-allongé.

» Toutes ces pièces portent des empreintes très-nettes d'instruments tranchants; on y voit souvent des entailles profondes. Il n'y a pas de doute possible sur la nature de l'outil qui a servi à travailler ce bois : c'était une hache en métal, et j'ai tout lieu de supposer, vu la longueur des entailles et surtout leur profondeur, que le métal était du fer.

» Avec ces objets, j'ai pu retrouver dans une tourbe épaisse, gluante, je dirais presque grasse, des fragments de planches taillées en biseau, quelquefois carbonisées. Il y avait aussi un appareil en bois, de forme trapézoïdale, en tout semblable à un objet dont on se sert encore dans le pays pour fermer les portes de bois, et qu'on nomme *clef*.

» Sur le plancher découvert, j'ai recueilli quelques gros quartzites, dont plusieurs avaient été éclatés en forme de coins, et au milieu même de la tourbe se trouvait un gros fragment du grès quartzeux qui sert encore dans les Pyrénées comme pierre à aiguiser.

» Les fouilles n'ont pu atteindre une grande profondeur, car, arrivés à 1 mètre au-dessous de la surface du sol, les ouvriers étaient envahis par l'eau qui formait, à partir de ce point, un niveau continu dans toute l'étendue de l'ancien lac. Une pierre un peu lourde posée sur la tourbe s'enfonçait à ce moment avec une assez grande rapidité. Il était impossible, on le comprendra, de faire dans une semblable position des fouilles plus profondes.

» Le terrain, sondé sur plusieurs points, a permis de voir que le plancher existait sur une surface très-considérable que je ne crains pas d'estimer à plusieurs hectares.

» J'ai pu constater également que les pieux devenaient plus longs à mesure que l'on s'éloignait du bord de l'ancien lac.

» On remarquera que cette habitation lacustre n'a pu fournir encore un seul fragment métallique qui puisse faire assigner un âge à sa construction; mais, en outre des entailles que portent les pièces de bois, on m'a affirmé que quelques chevilles de fer, tombées en poudre au moment de leur extraction, avaient accompagné des planches et des poutres enlevées dans d'autres barthes. Tout autorise donc à penser qu'on retrouvera ici, comme en Suisse, des armes, des outils, des poteries et des débris de cuisine. Un sondage fait auprès du lac de Labastide me permet d'affirmer le fait; et, de plus, en draguant le fond du lac Dumirail, il a été retiré un vase en cuivre.

» De nombreux essais de fouilles faits dans cette région des Basses-Pyrénées m'ont conduit aux mêmes résultats.

» Mais des recherches faites encore dans les vallées béarnaises permettent d'entrevoir l'existence d'habitations lacustres de l'âge de la pierre polie ensevelies non-seulement dans la tourbe, mais aussi sous plusieurs mètres d'épaisseur de débris meubles des pentes et d'alluvions récentes. L'étude de plusieurs îles artificielles faite sur divers cours d'eau, non-seulement de cette région, mais encore de la région pyrénéenne tout entière, permet de formuler ce fait.

» Les plaines formant les landes des plateaux supérieurs que l'on voit se relier d'un côté avec le plateau de Lannemezan, de l'autre avec les plaines élevées du Béarn, renferment également de fort nombreux bas-fonds marécageux, dans lesquels on a trouvé des quantités considérables de piquets, de poutres, de planches, de poteries, d'outils en fer : je poursuis activement l'étude de ces divers palafittes, de même que l'exploration des lacs encore remplis d'eau des plaines du Béarn, de Lourdes, etc.

» Dans la Haute-Garonne, dans l'Ariége, dans l'Aude et dans les Pyrénées-Orientales, les indices des mêmes genres d'habitations lacustres abondent. Les lacs de Saint-Pé, de Massat, d'Augat, des environs de Tarascon, du département de l'Aude, etc., les tourbières de diverses localités des quatre départements précédents, les alluvions même des vallées pyrénéennes de toute la chaîne, grâce aux objets en fer, en bronze et en pierre polie qu'on y a recueillis, permettent déjà de relier entre elles les découvertes du même genre, mais éparses, que j'avais faites jusqu'ici.

» Il faut ajouter que les pays dont je viens de signaler les habitants antéhistoriques, sont couverts, surtout vers l'ouest, de nombreux tumuli. M. le général de Nansouty et moi avons retrouvé dans ces tombeaux préhisto-

riques des objets qui ramènent à l'époque où l'on se servait des métaux et où l'on incinérait les morts.

» Je me résumerai en disant : les vallées pyrénéennes, ainsi que tout le bassin sous-pyrénéen, ont eu leurs peuples lacustres, occupant en même temps sans doute, et surtout à l'époque des métaux, une étendue de pays énorme entre la Méditerranée et l'Océan, depuis Bayonne et Dax jusqu'aux limites orientales des Pyrénées. Ces peuples ont été précédés dans l'occupation des lacs par d'autres populations qui ne connaissaient pas encore les métaux. Le pays qu'occupaient ces peuples est également couvert de tumuli. »

GÉOLOGIE. — *Soulèvements partiels; buttes de Saint-Michel-en-l'Herm.* Extrait d'une Lettre de **M. É.-S. Delidon** à M. de Quatrefages.

« La rencontre de deux lames qui se heurtent sur une plage produit une élévation d'eau plus ou moins forte qui forme, pour un instant, une digue liquide au sommet de laquelle flottent les objets qu'elles ont pu soulever. L'action des lames a une grande puissance, puisque l'obstacle qu'elles ne renversent pas immédiatement est miné ou poli par leur passage. Ne doit-on pas conclure de cela que, si une eau douce, arrivant avec une certaine force due à la pente du terrain, est subitement arrêtée par l'élévation des eaux de la mer au moment du flux, elle pressera et accumulera, entre elle et l'eau salée, les objets qu'elle aura entraînés et que cette même eau salée lui refoulera. C'est probablement là l'explication de la construction des buttes de Saint-Michel-en-l'Herm. Depuis leur formation, le temps a dû nécessairement en diminuer un peu les proportions; il y a eu des brisures ou coupures, formées par l'action des eaux douces sur les parties les moins fortement assises sur le sol ; mais, en général, elles ont dû conserver leur forme primitive. Ce sont ces coupures qui, facilitant l'écoulement des eaux douces, ont permis à ces buttes curieuses de se conserver jusqu'à nous.

» Je pourrais citer un autre exemple tiré du rocher de Der, dans la commune de Marennes (Charente-Inférieure), où j'ai remarqué d'anciens bancs d'huîtres augmentés de la même manière par l'action des eaux douce et salée ; mais la mise en culture d'une superficie de plusieurs hectares sur ce même rocher, pour des parcs à huîtres, a nécessité l'enlèvement de ces commencements de buttes.

» Je crois avoir expliqué, par les exemples qui précèdent, la formation

des buttes de Saint-Michel-en-l'Herm; mais comme j'ai démontré qu'elles étaient dues à l'action des eaux seulement, il est évident qu'elles n'ont pu être élevées au-dessus du niveau des plus fortes marées, et cependant ces buttes dépassent ce niveau de 8 à 13 mètres. On ne peut chercher l'explication de ce fait que dans un soulèvement du sol, dû sûrement à la composition du sol lui-même. Un bry presque blanc, très-pâteux, ayant dans certains endroits la malléabilité de la terre de pipe, et ayant, dans d'autres, le grain d'une pierre calcaire plus ou moins dure, a dû se gonfler par l'action des eaux salées et des eaux douces qui s'y infiltraient, tant par des crevasses naturelles que par des trous creusés par des êtres vivants. Je citerai, comme exemple de la croissance du bry ou banche, l'exhaussement du port de la Tremblade (Charente-Inférieure), qui, sans avoir jamais été envasé, ne peut plus recevoir d'aussi forts navires qu'autrefois; des marais salants de la commune de Dolus (île d'Oléron), dont il faut extraire, tous les vingt ans environ, une couche de pierre d'une assez grande épaisseur pour les maintenir au niveau des autres pièces. Je m'appuierai aussi de l'opinion non douteuse de M. Le Terme, sous-préfet de l'arrondissement de Marennes (Charente-Inférieure), en 1826, qui a vu lui-même les exemples que je viens de relater pour l'exhaussement du bry, et qui les a consignés dans son *Règlement général et Notice sur les marais de l'arrondissement de Marennes*. Il ajoute que « pour durcir la pierre calcaire ou banche, souvent très-molle » de ce pays, il suffit de l'exposer quelque temps à l'air, et ce n'est pas » aussi sans surprise que nous avons vu des morceaux de bry ou argile » de nos digues, à force d'être roulés par la mer, prendre la forme et la » fermeté des galets, et dans une enveloppe déjà pierreuse, nous offrir un » intérieur encore argileux! Si le secret de s'instruire est celui de douter, » nous ne craignons pas de soumettre cet aperçu à l'examen des natura- » listes. » On trouve encore des galets semblables sur les bords de la Sendre et à l'entrée du port de La Rochelle; il est donc très-facile de les étudier.

» J'ai voulu connaître *de visu* les causes de la croissance ou exhaussement du bry ou banche. J'ai expérimenté non-seulement le bry de La Tremblade, mais aussi celui de Saint-Michel-en-l'Herm : j'ai trouvé le premier assez mou (il avait été recueilli dans le port lui-même), tandis que le second était durci probablement par la privation d'eau salée; j'ai pétri l'un et l'autre, mais séparément, avec de l'eau salée, et j'ai placé chacun dans un vase non vernissé et poreux. J'ai remarqué que, en séchant, chaque bry se durcissait simplement et n'augmentait pas en volume, sa partie supérieure étant plutôt

au dessous du niveau des bords du vase. L'action de l'eau salée seule est donc nulle.

» Je ne me suis pas arrêté à cette expérience : j'ai pétri chaque bry, comme la première fois, avec de l'eau salée, et je l'ai arrosé légèrement avec de l'eau douce, avant qu'il fût sec; une enflure assez forte en est résultée, l'opération d'arrosage ayant duré six jours, et cette enflure n'a pas disparu en séchant. J'avais pratiqué quelques petits trous dans le bry, pour l'infiltration de l'eau, et j'ai pu constater que, sur une grande masse, une enflure considérable pourrait être obtenue. Vous avez donc eu raison de dire qu'il faut admettre des soulèvements locaux circonscrits pour expliquer la grande élévation, au-dessus du niveau des plus fortes marées, des buttes coquillières de Saint-Michel-en-l'Herm.

» Cependant, j'estime qu'il a fallu un travail de plusieurs siècles pour atteindre les dimensions connues.

» Je me résume donc ainsi :

» 1° Ces buttes ont été formées par l'action des eaux sur les lieux mêmes où les coquillages vivaient.

» 2° La hauteur de ces buttes n'a pu dépasser, dans leur formation, le niveau des eaux de la mer aux plus fortes marées.

» 3° Le bry ou banche croît et s'élève par l'action combinée de l'eau salée et de l'eau douce. C'est là sûrement la cause de la grande élévation de ces buttes au-dessus du niveau des plus hautes marées.

» J'ajouterai qu'il serait probablement possible de fixer très-sérieusement l'âge des buttes de Saint-Michel-en-l'Herm : en prenant la hauteur du niveau de la mer aux plus hautes marées sur le rivage voisin; en mesurant la hauteur exacte des buttes, et en examinant de combien elles dépassent ce niveau; en soumettant à l'expérience que je viens d'indiquer une certaine quantité de bry, rigoureusement pesée et mesurée, et en rapportant à des masses plus grandes les dimensions de l'enflure qui se serait produite. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *Matériaux pour servir à l'histoire anatomique du Poisson lune* (Orthagoriscus mola). Note de **M. S. Jourdain**, présentée par M. É. Blanchard.

« Dans mes recherches sur la veine porte rénale, publiées en 1860, je n'ai point décrit la disposition de cet ordre de vaisseaux chez l'*Orthagoriscus mola*, faute d'avoir eu l'occasion de disséquer ce poisson. Un bel exemplaire, dont j'ai fait l'acquisition à Montpellier, m'a permis de combler cette

lacune et aussi d'ajouter quelques renseignements sur d'autres points de la structure de ce curieux Gymnodonte.

» Les reins occupent, comme à l'ordinaire, la voûte de la cavité abdominale, en dehors du sac péritonéal. Ils s'étendent depuis la partie la plus reculée de cette cavité jusque vers la région occipitale. Leur volume va croissant rapidement d'avant en arrière. Rejetés dans leur partie antérieure à droite et à gauche de la colonne vertébrale, ils arrivent, en se rapprochant graduellement l'un de l'autre, à recouvrir la face inférieure des vertèbres et enfin, dans leur portion renflée, à s'accoler intimement, sous forme d'une masse unique, brusquement tronquée en arrière.

» De la réunion des rameaux veineux de la nageoire caudale, naît un vaisseau unique, la veine caudale qui s'engage au-dessous de l'artère du même nom, dans le canal formé par les hémapophyses. Cette veine reçoit : 1° supérieurement, les branches neurapophysaires, constituées à leur origine par les rameaux de la nageoire dorsale ; 2° inférieurement, les branches hémapophysaires, dont les rameaux de la nageoire anale forment le point de départ ; 3° transversalement, les branches veineuses, qui reviennent des puissantes masses musculaires qui garnissent latéralement la région caudale.

» Parvenu dans la cavité abdominale, le tronc caudal se bifurque, et les deux branches nées de cette division s'enfoncent, l'une dans le rein droit, l'autre dans le rein gauche, en émettant dans l'épaisseur de la glande des branches qui vont se divisant et se subdivisant de plus en plus, et constituant en dernière analyse les racines du système afférent, autrement dit des cardinales postérieures. Les deux branches de bifurcation de la veine caudale, ou afférente principale, reçoivent dans leur trajet intrarénal plusieurs branches neurapophysaires, puis leur extrémité antérieure s'abouche à plein canal avec deux veines naissant de la région suspharyngienne et dont le calibre est assez considérable. De telle sorte que le système veineux afférent du rein, dans la partie que nous venons d'envisager, semble représenté par un vaisseau longitudinal à deux racines, l'une postérieure dans la région caudale, l'autre antérieure dans la région pharyngienne, et c'est, il faut le dire, physiologiquement parlant, l'expression de la vérité. Chacun des reins reçoit encore du sang veineux d'une veine dont les rameaux s'étendent sur une grande partie de la paroi interne de la cavité abdominale. Cette veine remonte en arrière de la cloison péricardique, puis gagne le bord externe du rein, dans lequel elle s'enfonce en émettant des rameaux et s'anastomosant en définitive avec la veine caudale afférente, de manière qu'une injection passe sans difficulté de l'un de ces vaisseaux dans l'autre

» La veine afférente ou cardinale postérieure ne présente rien d'intéressant à noter.

» En résumé, la circonscription des afférents du rein est très-étendue, et tout le sang des régions post-céphaliques du corps traverse cet organe avant de retourner au cœur.

» Une autre particularité digne de remarque nous a été fournie par l'examen du tube digestif. Il n'existe point, sur le parcours du canal alimentaire, de dilatation quelconque qu'on puisse comparer à un estomac. Depuis le pharynx jusqu'à l'anus, le canal digestif présente le même diamètre (1). Le seul repli valvulaire qu'on rencontre sur tout le trajet du canal, se voit à quelques centimètres de l'orifice anal, et il constitue une région rectale où séjournent les fèces. Les aliments paraissent donc parcourir le canal digestif d'une manière lente et graduelle, sans stationner en aucun point; cependant, l'aspect de la muqueuse semble indiquer quelques différences dans les fonctions dévolues aux diverses sections de ce canal, et il est probable que l'examen microscopique viendrait confirmer ces prévisions. Dans notre spécimen, dont la longueur totale était de $0^{m},70$, le tube digestif mesurait $2^{mm},65$.

» A la fin de ce travail j'ai joint quelques mesures prises avec soin sur l'exemplaire venu en notre possession, mesures qui, dans le cas présent, méritent quelque attention de la part du zoologiste classificateur. En effet Schneider a proposé la dénomination spécifique d'*oblongus* (*Ort. truncatus* de Fleming, *Brit. anim.*, p. 175, sp. 33) pour un *Orthagoriscus* qui paraît assez semblable au *Mola*, et en diffère surtout par une longueur plus grande du corps relativement à la largeur, ainsi qu'on peut en juger par une figure publiée dans les *British Fishes* de Bell, et qui est elle-même empruntée à Donovan. Quelques naturalistes ont soupçonné que ce changement dans les proportions relatives était un effet de l'âge, qu'il ne pouvait servir de base à une distinction spécifique valable, et ils penchaient à croire que les *Oblongus* n'étaient que de vieux individus du *Mola*.

» Bell, dans l'ouvrage que nous venons de citer, donne les proportions d'une Mole adulte, pêchée à Scarborough; elle mesurait 3 pieds 5 pouces anglais, du bout du museau à l'extrémité de la nageoire caudale; la largeur, dorsale et anale comprises, était de 4 pieds 6 pouces; le poids montait à 120 livres. Notre spécimen était d'une plus petite taille et d'un poids moins considérable, et il est digne de remarque que la longueur, envisagée rela-

(1) Une conformation analogue a été déjà indiquée par Cuvier chez les Balistes.

tivement à la largeur, est moindre que dans l'exemplaire anglais. De plus, un individu conservé dans le Muséum de la Société zoologique, le plus petit de ceux que Bell a eu l'occasion de voir et qui ne mesurait que 14 pouces de longueur, était moins long relativement que l'individu de Scarborough, ainsi qu'on le voit sans peine dans les figures que donne Bell de ces deux individus. Nous devons ajouter toutefois qu'une Mole dont le naturaliste anglais cite les dimensions, et dont le poids considérable semble indiquer l'âge avancé, était plus courte proportionnellement que l'exemplaire de Scarborough. Mais il pourrait se faire qu'une différence de poids ne correspondît pas toujours à une différence d'âge, et dépendît, par exemple, d'une simple différence de sexe. Il y aurait donc à tenir compte à l'avenir de cette dernière particularité, bien capable de modifier les proportions relatives de l'animal. Malheureusement l'état des organes génitaux de notre Mole ne nous a pas permis d'être fixés sur le sexe.

» Toutefois il me paraît y avoir des raisons de supposer que le corps de la Môle s'allonge avec l'âge; mais nous penchons à croire que cet allongement relatif ne va jamais jusqu'à lui donner les proportions de l'*Ort. oblongus*. Tous les individus de cette dernière espèce que l'on a eu l'occasion de voir paraissaient avancés en âge; néanmoins, si l'on se reporte à une Note publiée par M. Couch, dans le sixième volume des *Annals of Natural History*, on remarquera qu'il y décrit un spécimen de 22 pouces anglais de longueur, qui, par conséquent, ne peut être considéré comme un vieil individu, et qui cependant offrait les proportions relatives rencontrées chez l'*Ort. oblongus*.

» D'ailleurs, si l'on s'en rapporte à la figure de Donovan, la forme des nageoires pectorales et l'insertion suivant une ligne sinueuse de la nageoire caudale de cette dernière espèce viendraient à l'appui de ceux qui veulent y voir un type indépendant de l'âge.

Mesures prises sur le Poisson lune dont il est question dans cette Note.

	m
Longueur totale	0,700
Largeur dorsale et anale comprises	1,030
Largeur du corps seul	0,042
Longueur de la nageoire pectorale	0,105
Longueur de la nageoire caudale	0,080
Distance du bout du museau au centre de l'œil	0,110
Distance du bout du museau à l'orifice externe de la cavité branchiale	0,220
Distance du bout du museau à la base de la nageoire pectorale	0,235
Largeur du lobe cutané qui recouvre l'orifice branchial extérieur	0,020

Distance qui sépare le bout du museau de l'orifice nasal antérieur......	m 0,050
Largeur de l'anse cutanée qui sépare les deux orifices nasaux..........	0,003
Distance de l'ouverture anale au bord antérieur de la nageoire du même nom..	0,045
Distance de l'orifice anal à l'orifice uro-génital......................	0,025. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur l'apparition d'étoiles filantes attendue en novembre.* Note de M. Chapelas.

« Sachant combien l'Académie s'intéresse à cette grande question des étoiles filantes, j'avais espéré pouvoir lui fournir une relation détaillée de l'apparition de novembre; malheureusement, les résultats obtenus ont été complétement négatifs.

» En effet, dans la nuit du 12 au 13 novembre, par un ciel légèrement vaporeux, mais cependant très-propice pour cette étude, et pendant une opération qui n'a pas duré moins de neuf heures consécutives, le nombre des météores enregistrés a été tellement faible, qu'il nous a paru insignifiant et sans intérêt de les discuter. Les rattacher au grand phénomène de 1799, 1833 et 1867 nous eût même semblé téméraire.

» Espérant un moment que le phénomène pourrait peut-être se manifester le lendemain, nous attendions avec impatience la soirée du 13 au 14; mais cette fois, un ciel nuageux, un brouillard assez intense nous déroba une apparition qui, évidemment, dans ces conditions eût pu nous échapper, mais qui, en réalité, ne s'est pas produite, à en juger par les résultats obtenus durant les rares éclaircis.

» A notre avis, sur notre horizon, il n'y a pas eu de maximum. Peut-être a-t-on pu le constater sur d'autres points; quoi qu'il en soit, les chiffres publiés par quelques observateurs ne constituent pas une apparition extraordinaire. Ce résultat, qui pourrait sembler singulier, n'a rien qui doive étonner; on sait en effet, par nos travaux antérieurs, que l'apparition de novembre n'a rien de régulier, et que si l'on construit une courbe en prenant pour ordonnées les nombres horaires moyens obtenus chaque année depuis 1833 par exemple, cette courbe présente des sinuosités très-brusques et très-accidentées ».

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Histoire des observations relatives à l'action des conjonctions écliptiques sur les éléments du magnétisme terrestre.* Note de **M. Moise Lion**, présentée par M. Le Verrier.

« Dans une Note présentée par M. Le Verrier à la séance du 28 août (*Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 574), M. Diamilla-Müller annonce que le gouvernement italien va faire publier le détail d'observations magnétiques exécutées en Sicile, à Naples, à Florence, à Bologne et à Gênes pendant la durée de l'éclipse de Soleil du 22 décembre 1870, desquelles il résulte que la marche des variations diurnes a été intervertie pendant la durée de la totalité, et que l'amplitude de ces variations a diminué à mesure que l'on s'éloignait de la ligne de la totalité. M. Diamilla-Müller fait remarquer, à la fin de cette Communication, qu'avant de formuler une conclusion sur un phénomène aussi important, il convient de vérifier s'il se répète dans les mêmes conditions pour d'autres éclipses de Soleil.

» A l'appui de cette sage réserve, et aussi dans l'intérêt de la vérité historique en ce qui concerne ces recherches, j'ai l'honneur de rappeler à l'Académie un ensemble de faits se rattachant à ce sujet, et qui sont consignés dans les *Comptes rendus*.

» Le 15 mars 1847 le signataire de cette Notice, Moïse Lion, alors professeur au collége de Beaune, adressait à l'Académie des Sciences un Mémoire intitulé : *Magnétisme terrestre ou Nouveau principe de Physique céleste*, où l'auteur annonçait que la force directrice du globe variait probablement pendant les éclipses de Soleil (1).

» Il puisait cette opinion dans les résultats que lui avait fournis la discussion de toutes les variations périodiques bien déterminées des divers éléments du magnétisme terrestre, déclinaison, inclinaison, intensité et aurores boréales, résultats exprimés dans cette proposition :

» *Le Soleil agit sur la Terre comme un aimant sur un globe de fer, c'est-à-dire comme un solénoïde colossal sur un corps magnétique; son action directe et simultanée sur notre globe et sur l'aiguille aimantée produit les principales ou plutôt toutes les variations périodiques du magnétisme terrestre* (2).

---

(1) *Voir* la note au bas de la page 202 du tome XXXII des *Comptes rendus*.

(2) Cette proposition, peu modifiée, fut reproduite, le 29 mai 1855, dans une Lettre du R. P. Secchi, sur l'influence magnétique du Soleil, insérée dans le journal *la Science*, et le 11 septembre ce journal publia une Lettre où M. Moïse Lion rappelait avoir publié cette proposition dans le Mémoire remis à l'Académie, le 15 mars 1847, puis dans un travail sur les aurores polaires, publié par la *Presse* du 20 septembre 1853.

» Quatre années plus tard, pendant la durée de l'éclipse de Soleil visible dans sa totalité à Dantzig (le 28 juillet 1851), M. Lion fit osciller une aiguille aimantée à Beaune et trouva que le nombre des oscillations, qui n'était que de 31 $\frac{1}{2}$, puis 32, avant l'éclipse totale, s'éleva à 33 pendant la conjonction, puis redescendit à 32 et 31 $\frac{1}{2}$. Il envoya ce résultat à l'Académie; M. Arago, attribuant les variations à des courants d'air produits par l'action du Soleil, n'inséra les détails de l'expérience et le nombre des oscillations que lorsque M. Lion, assisté de deux collègues, eut refait l'observation pendant l'éclipse (invisible en Europe et visible dans l'Océanie, entre le cap Horn et le cap de Bonne-Espérance) du 21 janvier 1852, et trouvé encore une augmentation de l'intensité magnétique du globe.

» Le 17 juin suivant, des observations furent faites à l'Observatoire de Paris et aussi à Beaune : les résultats furent négatifs, comme l'annonça le Rapport de M. Arago inséré dans les *Comptes rendus* du 14 mars 1853, et il n'y eut plus d'autre vérification faite cette année; enfin, pendant l'éclipse du 6 juin 1852, des observations comparatives eurent lieu à Paris et à Beaune, et cette fois les résultats furent discordants. L'Académie ne s'occupa plus de la question; mais, dans la séance du 11 juin 1853, elle accusa réception d'un document envoyé par M. Lion, à ce sujet, et d'une Note de M. de Cuppis relative à des observations faites sur le même sujet par trois savants, dont l'un était à Florence et dont les deux autres se trouvaient à Urbino, l'éclipse étant invisible à Paris et visible dans les Marquises.

» Si l'on ajoute à ces faits les observations faites par M. Wolf, de l'Observatoire de Berne, sur une concordance remarquable entre le nombre des taches solaires et certaines variations du magnétisme terrestre; des recherches faites par M. Lion, dans les Recueils des observations magnétiques faites dans diverses stations d'Europe et d'Asie et publiées par le gouvernement russe ; enfin les récentes observations communiquées par M. Müller, on aura l'historique complet de ces recherches au sujet desquelles M. Lion, à qui en revient l'initiative, pense, comme M. Müller, que de nouvelles observations sont nécessaires, soit que certaines conjonctions écliptiques produisent le phénomène et que d'autres ne le produisent pas, soit qu'il affecte certains méridiens, d'après des relations encore inconnues. »

M. **Le Verrier**, en communiquant la Note précédente de M. Lion, dit que lorsqu'il eut l'honneur de présenter à l'Académie l'article de

M. Diamilla-Müller, auquel se réfère M. Lion, il rappela que la question n'était pas nouvelle, qu'on avait affirmé, puis nié l'influence des éclipses de Soleil sur la boussole et que la question était restée en suspens.

ASTRONOMIE. — *Formules pour le calcul des orbites des étoiles doubles.* Note de **M. de Gasparis**, présentée par M. Le Verrier.

« Je suppose que l'on ait réduit, par la méthode de Herschel (*voy.* vol. V, *R. A. S.*), six positions pour des époques équidistantes, et j'appelle φ_1, $\varphi_2, \ldots, \varphi_6$ les angles de position, et $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_6$ les distances. Soit m_{rs} l'aire triangulaire décrite sur le plan de projection et comprise entre les distances ρ_r, ρ_s, l'on aura

$$m_{rs} = \tfrac{1}{2}\rho_r\rho_s \sin(\varphi_s - \varphi_r).$$

» Or j'ai trouvé qu'en développant les aires n_{rs} décrites sur le plan de l'orbite, en fonction du rayon vecteur et de ses dérivées, en comprenant les termes multipliés par les sixièmes puissances du temps, l'on a, pour trouver les rapports des rayons vecteurs r_2, r_3, r_4, les équations :

$$\frac{r_2^3}{r_3^3} = \frac{42m_{2,3} - 50m_{3,4} - 6m_{4,5} - 18m_{2,4} + 13m_{3,5} - 11m_{1,6} + 40m_{5,6} + 2m_{2,5}}{42m_{1,2} - 50m_{2,3} - 6m_{3,4} - 18m_{1,3} + 13m_{2,4} - 11m_{3,5} + 40m_{1,5} + 2m_{1,4}},$$

$$\frac{r_3^3}{r_4^3} = \frac{42m_{4,5} - 50m_{3,4} - 6m_{2,3} - 18m_{3,5} + 13m_{2,4} - 11m_{1,3} + 40m_{1,2} + 2m_{2,5}}{42m_{2,3} - 50m_{3,4} - 6m_{4,5} - 18m_{2,4} + 13m_{3,5} - 11m_{4,6} + 40m_{5,6} + 2m_{2,5}}.$$

» Ces rapports étant connus, le calcul direct des éléments s'accomplit promptement, comme on sait.

» Les numérateurs et les dénominateurs des seconds membres sont des quantités de troisième ordre. Par cette circonstance, et dans le but de corriger en partie les erreurs dont la courbe même de Herschel doit être affectée, j'ai adopté six positions au lieu de quatre, qui étaient suffisantes.

» Le Mémoire relatif à ce travail, avec les développements nécessaires, paraît dans les *Atti* de l'Académie des Sciences de Naples. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Aurore boréale du 9 novembre; observations faites à Brest.* Note de **M. Tarry**, présentée par M. Le Verrier.

« L'aurore boréale a commencé à Brest à 10h,25 (heure de Paris). Une lueur d'un blanc mat très-vif apparut dans la région nord, s'étendant vers le nord-ouest; elle était à peu près parallèle à l'horizon, dont elle était séparée par une zone obscure. A travers cette lueur, plusieurs étoiles brillaient

avec un éclat inaccoutumé; le milieu était occupé par une bande lumineuse de couleur jaune citron, d'une largeur d'environ $\frac{1}{2}$ degré, s'élevant verticalement depuis l'horizon, sous lequel elle paraissait se prolonger, jusqu'au centre de l'apparition lumineuse, dans laquelle elle se perdait. Son intensité allait constamment en décroissant avec la hauteur, qu'on peut limiter approximativement à 30 degrés. C'est sous cet aspect que le phénomène est apparu à M. Sureau, directeur du Bureau télégraphique de Brest, en même temps qu'il s'apercevait des perturbations éprouvées par les appareils électriques. La couleur de la nuée lumineuse passa du blanc à l'orangé, puis au rouge vif, de manière à faire croire à un incendie, si les nuages qui se projetaient en noir d'une manière tranchée sur ce fond rouge n'avaient montré que le foyer lumineux avait son siége au-dessus d'eux et non audessous.

» M. de Kermarec, directeur de l'Observatoire de la Marine à Brest, qui observa également l'aurore boréale à cette heure, remarqua une sorte d'arc-en-ciel vert au-dessous de la bande rouge, et constata que le phénomène s'étendait du nord au nord-nord-ouest. On n'a pas remarqué de mouvement oscillatoire; au bout d'une demi-heure, le phénomène disparut assez brusquement.

» Ce qui distingue l'aurore boréale du 9 novembre, c'est l'énergie des phénomènes magnétiques qui l'ont accompagnée, et que M. Chailly, employé, chargé du service de nuit au Bureau télégraphique de Brest, a observés avec beaucoup de soin.

» Il résulte des indications constatées au procès-verbal des 9 et 10 novembre, que c'est à $10^h 25$ (heure de Paris) que ces phénomènes ont été observés à Brest pour la première fois, sur le fil n° 273, reliant directement Brest à Paris.

» Le poste de Paris s'était plaint, il est vrai, d'un courant continu qui l'avait dérangé dans ses transmissions de midi à midi et quart, dans la journée du 9, mais ce courant n'avait pas été sensible à Brest.

» Au contraire, on observa parfaitement ce courant continu au commencement même de l'aurore boréale, de $10^h 25^m$ à $10^h 32^m$, et il reprit à $10^h 38^m$, avec diverses intermittences, jusqu'à minuit.

» A ce moment, il y eut une période de calme d'environ une demi-heure, pendant laquelle on put passer plusieurs dépêches; puis le courant continu reprit de $12^h 30^m$ à $12^h 45^m$: des courants intermittents, d'une minute de durée, furent observés de $1^h 15^m$ à $1^h 45^m$, et ensuite les courants devinrent plus forts et plus persistants.

» A $3^h 30^m$, ces courants persistants devenaient de plus en plus fréquents, et l'aimantation qu'ils produisaient était tellement puissante que la palette de l'appareil Hugues était complétement adhérente aux bobines, et qu'il fallait déployer une très-grande force musculaire pour rompre cette adhérence.

» Dans la seconde partie de la nuit, après $2^h 30^m$, les décharges électriques étaient beaucoup plus fortes que dans la première; elles commençaient généralement par des secousses extrêmement violentes, qui faisaient résonner la sonnerie avec un bruit assourdissant, puis elles diminuaient progressivement jusqu'à ce que le battant ne fît plus que des oscillations sourdes, n'atteignant pas jusqu'au timbre, et elles reprenaient, à la fin, l'énergie primitive qui avait signalé leur apparition. C'étaient, en quelque sorte, des *ondes magnétiques* dont la durée variait de quinze à vingt secondes; ces ondes marquées par des périodes alternatives de force extrême et de ralentissement, se succédaient sans interruption, pendant deux à trois minutes, de manière à former des périodes distinctes, composées chacune de plusieurs ondes. M. Chailly, qui a été témoin de ces phénomènes, et qui avait déjà eu occasion de constater des perturbations sur les appareils télégraphiques lors des précédentes aurores boréales, n'avait jamais observé des phénomènes d'une aussi remarquable intensité.

» Dès qu'on attaquait le poste de Paris, le 10 au matin, au milieu de la transmission il arrivait une décharge très-violente, et l'adhérence de la palette se manifestait aussitôt par suite de la superposition de l'aimantation développée par le courant terrestre à celle de l'appareil; d'autres fois, au contraire, le courant terrestre annulait celui envoyé par l'appareil, et empêchait la transmission. Les appareils de Brest envoyaient un courant négatif et ceux de Paris un courant positif; le courant magnétique positif était beaucoup plus fréquent que le courant magnétique négatif, car il y avait beaucoup plus d'adhérences que d'isolements.

» C'est surtout de $3^h 30^m$ à 5 heures que les ondes magnétiques ont été observées; dans cet intervalle, elles interrompaient à chaque instant la transmission des dépêches; c'est seulement à 8 heures du matin que ces dérangements ont pris fin. Toutes ces heures sont celles de Paris.

» Un fait remarquable et parfaitement établi, c'est que, tandis qu'on observait ces phénomènes sur le fil direct de Brest à Paris, il ne se produisait aucun courant, à partir de minuit, sur la ligne aérienne de Brest à Rennes, qui est supportée par les mêmes poteaux; cette ligne avait été seulement affectée avant minuit par des courants fréquents, mais de peu de durée.

» La ligne de Brest à Nantes, qui bifurque sur la première à Landerneau, n'a reçu qu'une décharge unique vers 2 heures du matin, produisant un simple contact très-fort et instantané.

» Sur les lignes courtes allant à Morlaix, Saint-Renan, Quimper, Saint-Brieuc, aucune influence et aucun contact n'ont été observés.

» La position exceptionnelle de Brest, point d'attache du câble transatlantique, permettait de recueillir de précieux renseignements sur ce qu'avaient éprouvé les lignes maritimes. Sir Andrews, esquire, directeur de la station de Brest pour la Compagnie américaine transatlantique, a bien voulu mettre à ma disposition ses registres d'observations.

» Sur les deux lignes de Brest à Londres par Brignogan et Falmouth, et de Brest à Dunburg (Amérique) par Saint-Pierre, on n'a pu travailler, à cause de la construction spéciale des lignes, qui sont établies de manière à se décharger elles-mêmes à l'aide de fils d'atterrissement partant de chaque poteau, et qui forment autant de paratonnerres; les courants terrestres ne se font ainsi sentir que par induction, en produisant seulement une augmentation ou diminution d'intensité.

» Dans la nuit du 9 au 10, la variation d'intensité a été de 3 à 5 éléments Minotto en quelques secondes; le registre porte en marge « *great variation* » *potential* ». Tous les soirs, à $7^h 30^m$, l'intensité du courant terrestre est mesurée avec l'électromètre sur le câble transatlantique à Brest et à Saint-Pierre; en temps ordinaire, elle varie de 2 à 8 éléments Minotto; le 10, elle est montée jusqu'à 40. Voici les chiffres de cette intensité d'après les variations :

	A Brest.	A Saint-Pierre.
Le 7 novembre....	2,2	3,7
8 novembre....	de 1,9 à 2,3	5,2
9 novembre....	»	33,0
10 novembre....	de 6 à 20	40,0

» Toutes les lignes de la Compagnie américaine *West Unionen* ont été interrompues ou entravées par les courants terrestres. L'aurore boréale a été visible, en Amérique, le 9 au soir et le 10 au soir. Sir Andrews a bien voulu demander des renseignements sur ce point de l'autre côté de l'Atlantique; ils sont consignés dans la Note ci-jointe :

« Le 9 novembre, à 3 heures du soir (heure de Saint-Pierre, environ 7 heures de Paris), j'observai sur les deux câbles de forts courants terrestres variant de 40 à 50 éléments.

» Au crépuscule, on vit l'aurore boréale s'étendant de l'ouest au nord-est; elle brillait, principalement au nord-ouest, d'un feu rougeâtre, bordé de bandes blanches brillantes, s'élevant de l'horizon comme des fusées, et arrivant jusque au-dessus de nos têtes. Ceci

s'est vu jusqu'à 1 heure du matin, mais a probablement duré toute la nuit. Les lignes de Terre-Neuve étaient interrompues par l'électricité atmosphérique.

» Le 10, les courants terrestres étaient à peu près de même force. Le soir, le ciel était nuageux, mais l'aurore a encore été visible à intervalles, comme la nuit précédente. »

M. Le Verrier, en présentant à l'Académie cette Note de M. Tarry, ajoute les observations suivantes :

« Le R. P. *Denza*, directeur de l'Observatoire de Moncalieri, écrit, de son côté, qu'on a vu en Piémont trois aurores boréales, pendant les nuits des 2, 9 et 10 novembre.

» Dans la nuit du 15, M. *Garibaldi*, directeur de l'Observatoire de Gênes, a constaté un nouveau phénomène auroral. »

De ces observations, M. Le Verrier croit devoir rapprocher la remarque faite, à diverses reprises, par M. Ch. Sainte-Claire Deville, d'une coïncidence entre le phénomène du passage de l'essaim d'étoiles filantes de novembre et celui de l'apparition d'aurores boréales. M. Deville a eu soin de constater, dans cette séance même, que cette coïncidence vient encore de se reproduire cette année.

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la lumière violette sur la croissance de la vigne, des cochons et des taureaux*. Extrait d'une lettre de **M. A. Pöey** à M. Élie de Beaumont.

« Depuis l'année 1861, le général Pleasonton se livre à des expériences très-curieuses sur le développement des végétaux et des animaux, sous l'influence de la lumière transmise par des verres violets. En avril 1861, des boutures, à ras du sol, de vignes d'un an, de la grosseur d'environ 7 millimètres, de trente espèces différentes de raisin, furent plantées dans une serre garnie de verres violets. Quelques semaines après, les murs, jusqu'au toit, étaient déjà couverts de feuillage et de branches. Au commencement de septembre de la même année, M. Robert Buist visita les vignes du général, et, après un examen minutieux, il lui avoua que, « dans quarante » ans d'expérience acquise dans la culture de la vigne et d'autres plantes, » en Angleterre et en Écosse, il n'avait jamais vu une croissance aussi pro- » digieuse. »

» Les vignes du général n'avaient alors que cinq mois de croissance, et cependant elles mesuraient déjà 45 pieds en longueur sur 1 pouce de diamètre, à un pied au-dessus du sol. Au mois de septembre de l'année sui-

vante, quand les grappes commençaient à se colorer et à mûrir, M. Buist revint le visiter et estima que les vignes portaient 1200 livres de raisin. Le général Pleasonton remarque qu'une vigne provenant d'une jeune pousse exige cinq à six ans pour produire une seule grappe de raisin, tandis que sous l'influence des rayons violets, dès la seconde année, cette vigne, âgée seulement de dix-sept mois, a pu donner un résultat aussi remarquable. La deuxième année, en 1863, les vignes produisirent encore à peu près dix tonneaux de raisin, exempt de toute maladie. Dès la première année, quelques vignerons avaient prédit que ces vignes s'épuiseraient rapidement par cette production luxuriante : les vignes ont continué, depuis neuf ans, à fournir la même récolte, avec une nouvelle pousse de bois et de feuillage non moins extraordinaire.

» Encouragé par ce succès, le général répéta ses expériences sur des cochons. Le 3 novembre 1869, il plaça trois petites truies et un verrat dans un compartiment dont le toit était couvert de verres violets, et trois autres truies et un verrat dans un autre compartiment garni de verres blancs. Les huit cochons étaient âgés d'environ deux mois : le poids total des quatre premiers était de 167 livres et demie; celui des quatre autres, de 203 livres. Ils furent tous soignés par la même personne, avec la même nourriture, en qualité et en quantité semblables, et aux mêmes heures. Le 4 mai 1870, en pesant les six truies, on obtint les résultats suivants :

	Sous les verres violets.	Sous les verres blancs.
3 novembre 1869...............	122 livres.	144 livres.
4 mars 1870...................	520 »	530 »
Augmentation.........	398 »	386 »

» Les animaux placés sous les verres violets pesaient 12 livres de plus que ceux qui avaient été placés sous les verres blancs; en tenant compte des 22 livres que les premiers avaient en moins au commencement, on trouve une différence d'accroissement de 34 livres. La comparaison des deux verrats fournit à peu près le même résultat.

» Un jeune taureau Alderney, né le 26 janvier 1870, tellement malingre, qu'il semblait ne pouvoir pas être élevé, fut placé sous les verres violets. Au bout de vingt-quatre heures, un changement sensible avait déjà eu lieu : l'animal s'était relevé, se promenait et prenait lui-même sa nourriture; au bout de quelques jours, la faiblesse avait complétement disparu. On le fit mesurer le 31 mars, deux mois et cinq jours après sa naissance ; le 20 mai suivant, cinquante jours après, il avait grandi de six pouces.

» Le 1er avril de cette année, à l'âge de quatorze mois, le taureau est un des plus beaux types que l'on puisse trouver.

» On voit que, sans avoir eu connaissance des recherches poursuivies par Robert Hunt, de 1840 à 1847, sous le patronage de l'Association Britannique pour l'avancement des Sciences, le général Pleasonton est arrivé aux mêmes conclusions pratiques que ce savant. Dans mon premier Rapport au département de l'Agriculture de Washington *Sur l'influence des agents climatériques, atmosphériques et terrestres en agriculture*, publié en 1869, j'ai analysé tous les travaux qui ont été faits à l'égard de l'action de la lumière sur les végétaux. Plusieurs passages de Hunt confirment les expériences du général Pleasonton ; on y trouve, par exemple, que, si les jeunes plantes poussent sous l'influence des rayons bleus, elles acquièrent une surabondance et une apparence bien supérieures à celles qui seraient soumises à d'autres influences ou à la lumière blanche uniquement; d'où il recommande l'usage des milieux bleus dans la plantation des boutures, qui ont pour effet d'augmenter le développement des racines. Déjà quelques jardiniers, sans connaissance de cause, ont employé avec succès des verres bleus de cobalt. On sait, du reste, depuis Messe, Ingenhousz, Senebier, Michellotti et autres, que les rayons lumineux sont nuisibles à la germination, tandis que les rayons chimiques la favorisent considérablement. Ce sont précisément les rayons violets, dont le général a fait usage, qui renferment le maximum d'action chimique de toutes les couleurs du spectre solaire. Quant à l'application de cette méthode au développement des animaux, je n'ai jamais trouvé aucune expérience de cette nature (1). »

M. **Jobert** adresse une Note, accompagnée d'une planche, concernant une « pile thermo-solaire, avec réflecteur mû par le soleil lui-même ».

Cette Note sera soumise à l'examen de M. Jamin.

M. É. **Robert** adresse, à propos d'une Communication récente de *M. Serres*, une Lettre relative à un procédé proposé et expérimenté pendant le siége de Paris, pour la transmission des dépêches.

Cette Lettre sera soumise, comme la Note de M. Serres, à l'examen de M. Belgrand.

---

(1) Cette Lettre de M. A. Poëy est accompagnée d'une brochure de M. A.-J. Pleasonton, imprimée en anglais, et portant pour titre « Influence de la couleur bleue du ciel sur le développement de la vie animale et végétale ».

« M. **Chasles**, en présentant à l'Académie les numéros d'avril, mai et juin du *Bullettino* de M. le prince Boncompagni, dit : j'ai hâte de signaler une Note rectificative du savant professeur de l'université de Rome, M. Chelini, relative à une question de priorité sur laquelle une erreur m'a échappé. En parlant d'un Mémoire de notre confrère, M. de Saint-Venant, *Sur les lignes courbes non planes*, inséré dans le *Journal de l'École Polytechnique*, XXXe cahier, 1845, j'ai ajouté que M. Chelini avait fait usage des mêmes considérations dans plusieurs recherches concernant les lignes et les surfaces, et j'ai cité la *Raccolta scientifica* de 1849. Or, M. Chelini avait émis ses premières idées sur ce sujet dans son *Essai de Géométrie analytique*, formé de divers articles qui avaient paru en 1837 et 1838 dans le *Giornale Arcadico*, et s'en était servi aussi dans une *Note sur la courbure des lignes et des surfaces*, en 1845. Je n'avais pas souvenir de ces écrits de M. Chelini quand j'ai parlé, un peu trop à la hâte, de l'important ouvrage de notre confrère; je le regrette d'autant plus vivement que l'éminent géomètre de Rome cite toujours avec un empressement bien louable les auteurs chez lesquels il trouve des traces qui se rapportent à ses propres travaux. C'est ainsi particulièrement que le nom de M. Bertrand se trouve plusieurs fois dans sa Note de 1845, *Sur la courbure des lignes et des surfaces*, Note citée, de même que les résultats de M. Bertrand, par M. O. Bonnet dans son *Mémoire sur la théorie générale des surfaces* (*Journal de l'École Polytechnique*, XXXIIe cahier, 1848).

» A la suite de la rectification de M. Chelini, se trouvent deux *Notices sur quelques écrits imprimés, et restés inconnus, de Domenico-Maria Novarra, de Ferrare, Notices communiquées, à la demande du prince Don Balthazar Boncompagni, à la réunion de la Société copernicenne des Sciences et des Arts de Thorn en* 1870, *par M. Maximilien Curtz.* Ces deux Notices sont accrues de nombreuses notes historiques et bibliographiques de M. Boncompagni. Les livraisons de mai et juin du *Bullettino* sont consacrées à un très-savant et intéressant Mémoire de notre confrère de l'Académie des Inscriptions, M. Th.-Henri Martin, *Sur des instruments d'optique faussement attribués aux anciens par quelques savants modernes.* »

La séance est levée à 5 heures et demie. É. D. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 20 novembre 1871, les ouvrages dont les titres suivent :

Notes sur les roches qu'on a rencontrées dans le creusement du tunnel des Alpes occidentales, entre Modane et Bardonnèche; par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT. Paris, 1871; in-4°. (Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences.*)

Manuel pratique et élémentaire d'analyse chimique des vins; par M. E. ROBINET fils; 2e édition. Paris, 1872; 1 vol. in-12.

Lettre à M. le général Trochu : La vérité sur la poste pendant le siége. Paris, 1871; br. in-8°.

Essai de tératologie taxinomique ou des anomalies végétales; par M. D. CLOS. Toulouse, 1871; br. in-8°.

Les eaux de l'Allemagne du Nord et celles de France : Examen comparatif de leurs propriétés et de leur action thérapeutique; par M. ROTUREAU. Paris, sans date; in-8°. (Présenté par M. S. Laugier.)

Mémoires et débats sur les grands principes des sciences physiques; par M. E. MARTIN (de Vervins); 2e liv. Paris, sans date; in-8°.

Bulletin de la Société philomathique de Paris; t. VII, avril-décembre 1870. Paris, 1870; in-8°.

Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles publiées par la Société des Sciences à Harlem, et rédigées par M. E.-H. VON BAUMHAUER; t. V, liv. 4 et 5; t. VI, liv. 1, 2, 3. La Haye, 1870-1871; 5 liv. in-8°.

Archives du Musée Teyler; t. III, fascicule 2. Harlem, 1871; in-4°.

On the influence of the blue color of the sky in developing animal and vegetable life, as illustrated in the experiments of gen. A.-J. Pleasonton, between the years 1861 *and* 1871 *at Philadelphia.* Philadelphia, 1871; br. in-8°.

Synopsis of the contents of the British Museum, departement of greek and roman antiquities, bronze room. London, 1871; in-12.

(*La suite du* Bulletin *au prochain numéro.*)